5.06(493) B1
cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

TOME CINQUIÈME.

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1879

21-85369 m

LA CERTITUDE EN GÉOLOGIE

La géologie, c'est-à-dire l'étude approfondie de la structure du globe, a-t-elle autre chose à nous apprendre, d'une manière positive, que la nature et la distribution des masses minérales qui composent le sol des continents et des îles? Serait-elle arrivée, par exemple, à propos de l'histoire de notre planète, à des conclusions parfaitement certaines, et en même temps d'un intérêt assez général pour mériter toute l'attention du penseur le plus inoccupé des sciences naturelles ? Mon dessein, dans les pages qui vont suivre, est de montrer que c'est bien là le cas en effet pour les sciences géologiques. Je voudrais signaler un de leurs résultats irrévocables à des personnes, telles que ne peut manquer d'en rencontrer cette *Revue*, absorbées par des questions beaucoup plus importantes que l'histoire naturelle, n'accordant à la théorie de la terre qu'un regard distrait, mais exposées par là même à nier ou à dédaigner par ignorance de grandes vérités solidement établies par l'observation.

Cette méconnaissance des résultats définitivement acquis

et les faux jugements qu'elle entraîne, ne sont pas sans inconvénient grave, quand ils se produisent dans la polémique chrétienne, et en un temps où certaines conclusions des sciences sont devenues presque populaires. Sans doute, aucun catholique instruit n'ignore que l'Église et la Révélation laissent aux recherches savantes autant de latitude que la raison le peut exiger, et que, dans ces cas, l'apologétique doit s'abstenir de condamnation. Mais cela suffit-il toujours, et n'arrive-t-il pas un moment où il convient d'accepter sans arrière-pensée ce qui est véritablement démontré ?

Je crois utile de soumettre sur ce point au lecteur quelques réflexions qui se lient à la critique des doctrines géologiques. Après quoi je résumerai quelques-uns des arguments sur lesquels repose une des plus grandes vérités de la géologie.

I.

Aujourd'hui la géologie est une des sciences le plus universellement cultivées, car en procurant beaucoup de satisfactions à l'intelligence, elle s'allie heureusement au goût de la nature et à celui des voyages, si répandus chez nos contemporains. La plupart des gouvernements civilisés, appréciant l'importance de l'étude du sol, instituent à grands frais des *commissions géologiques (Geological Survey)*, destinées à classer les terrains d'après les méthodes scientifiques. Des milliers de travailleurs sont occupés à déchiffrer ainsi les vieilles annales du globe.. Tous ces efforts n'ont guère de raison d'être, si la série historique des couches terrestres, comme les savants prétendent la retrouver dans le témoignage des roches, n'est pas une vérité. Cependant cette vérité n'est pas encore reconnue par beaucoup de chrétiens instruits, et même par des apologistes qui ont

pris la peine de lire des traités spéciaux. Je n'en citerai qu'un seul, des plus récents, des meilleurs, des mieux appréciés dans les pays catholiques, le P. Caussette. Dans la dernière édition du livre excellent qu'il a publié sous ce titre : *Le bon sens de la foi*, il s'étend sur les rapports de la géologie avec les dogmes chrétiens. Chemin faisant, il cite l'opinion de quelques écrivains d'après lesquels toutes les couches fossilifères de la croûte du globe peuvent s'être formées depuis la création d'Adam; et il déclare que ce système, malgré ses difficultés, a droit tout comme un autre au respect de ceux-là même qui lui refusent leur adhésion (1). Autant vaudrait soutenir que le système astronomique de Ptolémée a droit au respect des membres du Bureau des Longitudes !

Ce n'est jamais sans dommage que l'on conteste une vérité laborieusement acquise : mais la chose devient dangereuse quand le doute ou la négation émanent de ceux qui possèdent l'influence morale et religieuse. Il est vrai que dans les dénis de justice, en fait de doctrine, le mauvais exemple vient surtout des savants. Qui ne sait avec quelle légèreté déplorable, avec quelle souveraine incompétence, ils s'expriment parfois sur la philosophie catholique, sur les dogmes révélés, les spéculations de la théologie et l'histoire ecclésiastique ? Il y a de quoi fatiguer la patience chrétienne et expliquer les représailles. Mais l'esprit et le cœur ne doivent-ils pas s'élever à la hauteur de la mission ? Il est digne, semble-t-il, de ceux qui défendent les vérités supérieures de rendre justice entière aux vérités plus modestes, infiniment moins précieuses pour l'homme et néanmoins aussi bien assises que les premières. C'est plus que jamais à cette condition qu'ils s'attireront les intelligences. Car par un effet de mirage assez commun sur les esprits mal ordonnés, il ne manque pas, de nos jours, de savants qui attribuent la première place aux résultats des sciences naturelles. Ils sont

(1) *Op. cit.* t. II, p. 457.

comme enivrés des merveilles qu'ils y découvrent. Ces mêmes hommes parfois sont des aveugles pour les choses de l'âme. Ils semblent incapables de sentir tout ce qu'il y a de lumière et de vie dans un passage des prophètes, dans un chapitre de l'Évangile ou dans une épître de saint Paul ; mais ils n'en sont pas moins lecteurs pénétrants du monde matériel. Ils savent qu'on ne conteste leurs preuves que par ignorance ou par mauvaise foi : en quoi ils sont dans le vrai. De là, ils en viennent vite à mépriser les personnes inhabiles à saisir le caractère démonstratif d'une science ; et des personnes leur mépris passe bientôt aux doctrines les plus importantes.

C'est bien là ce que redoutait, il y a quinze siècles déjà, le plus grand penseur de l'Église, saint Augustin, dans un passage bien connu de son commentaire sur la Genèse, où j'admire comme la fermeté dans la foi s'unit simplement à la largeur des vues. « Souvent il arrive, dit-il, qu'en ce qui regarde le ciel, la terre et ses diverses parties, les astres, leurs mouvements, les éclipses, le retour des saisons, la nature des animaux, des plantes et des pierres, un infidèle a acquis par le raisonnement ou l'expérience des notions très certaines. Supposez maintenant un chrétien qui prétend parler sur ces sujets d'après l'enseignement orthodoxe, et qui énonce devant les incrédules des erreurs tellement grossières, tellement opposées à la vérité, qu'elles les font éclater de rire. N'est-ce pas là quelque chose de honteux et de pernicieux?..... En effet, ajoute plus loin l'évêque d'Hippone, quand les incrédules voient un défenseur de la foi errer sur les matières qu'ils connaissent à fond, et que de plus ils l'entendent appuyer ses erreurs de l'autorité de nos livres sacrés, comment voulez-vous qu'ils croient à ce que disent ces mêmes livres de la résurrection des morts, de l'espérance de la vie éternelle, du royaume des cieux..... Il est impossible d'exprimer quel malaise, quelle tristesse ces chrétiens présomptueux causent à leurs frères plus prudents, en usant des textes sacrés sans bien com-

prendre ni les paroles qu'ils prononcent ni la question qu'ils veulent trancher » (1).

D'après ces réflexions de saint Augustin, il est clair qu'en mentionnant un point des sciences naturelles à propos de quelque vérité philosophique ou religieuse, il faut connaître ce qu'enseigne l'observation et ce qui en découle comme une suite nécessaire. Mais on oublie aisément les maximes onéreuses. Dire que la géologie est née d'hier (2), qu'elle

(1) *De gen. ad litt.*, Lib. I, cap. 19. Plerumque enim accidit ut aliquid de terra, de cœlo, de cæteris mundi hujus elementis, de motu et conversione vel etiam magnitudine et intervallis siderum, de certis defectibus solis et lunæ, de circuitibus annorum et temporum, de naturis animalium, fruticum, lapidum, atque hujusmodi cæteris, etiam non christianus ita noverit, ut certissima ratione vel experientia teneat Turpe est autem nimis et perniciosum ac maxime cavendum, ut christianum de his rebus quasi secundum christianas Litteras loquentem, ita delirare quilibet infidelis audiat, ut, quemadmodum dicitur, toto cœlo errare conspiciens, risum tenere vix possit..... Cum enim quemquam de numero christianorum in ea re quam optime norunt, errare deprehenderint (infideles), et vanam sententiam suam de nostris Libris asserere, quo pacto illis Libris credituri sunt, de resurrectione mortuorum, et de spe vitæ æternæ, regno que cœlorum, quando de his rebus quas jam experiri, vel indubitatis numeris percipere potuerunt, fallaciter putaverint esse conscriptos? Quid enim molestiæ tristitiæque ingerant prudentibus fratribus temerarii præsumptores, satis dici non potest, etc. — On retrouve cette même liberté de vues exprimée dans l'admirable ouvrage que saint Augustin a écrit sous le nom d'*Enchiridion :* quand après avoir déclaré qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter si quelqu'un, en tant que chrétien, n'est pas au courant des conjectures ou des vérités scientifiques relatives au monde matériel, il conclut en disant : *Satis est christiano* rerum creatarum causam, sive cœlestium sive terrestrium, sive visibilium sive invisibilium, nonnisi bonitatem credere Creatoris, qui est Deus unus et verus. (*Enchiridion ad Laurentium, sive de fide, spe et charitate.* Cap. IX)

(2) On abuse fort de cette jeunesse de la géologie, qui d'ailleurs après tout prouverait moins notre incompétence que l'insouciance ou l'ignorance de nos pères. On oublie que la plupart des sciences naturelles, si on les envisage au point de vue de l'application rigoureuse des méthodes et des connaissances précises qu'elles comportent aujourd'hui, sont aussi jeunes que la géologie. Où en étaient il y a 150 ans l'anatomie comparée, l'embryogénie, la cristallographie, la chimie, l'étude de la chaleur et la plus grande partie de l'optique? D'un autre côté, bien avant Hutton, Werner et Buffon, on peut recueillir en Italie, en France, en Allemagne, chez les Arabes et chez les anciens, beaucoup de vues et d'aperçus très vrais touchant les modifications

est au berceau, qu'on y rencontre quatre-vingts systèmes différents, qu'aujourd'hui même des naturalistes également recommandables font dériver une même roche, les uns de la voie aqueuse, les autres de la voie ignée, et conclure savamment de tout cela que les inductions géologiques ne dépassent en aucun cas la simple probabilité, ce sont des assertions très commodes, et qu'on peut recueillir même au sein d'un aréopage académique si les membres en sont étrangers à l'étude du globe. Que de fois je les ai entendues pour ma part ! On se tient quitte ainsi envers une science qui, malgré ses lacunes, a des parties aussi positives que la physiologie humaine, et qui, au surplus, est parvenue à des conséquences d'une telle portée qu'un esprit éclairé ne les perd plus de vue quand il en est une fois convaincu.

Mais autre chose est la certitude d'une vérité démontrée, autre chose l'impression qu'elle fait sur la première intelligence venue. Toute préparation, toute disposition d'esprit ne sont pas également favorables. J'ose dire que dans chaque branche des connaissances, seul l'homme du métier est à même d'apprécier ce qui est vrai, probable ou chimérique. Quand la minorité compétente tient une conclusion pour certaine, le restant du genre humain doit l'accepter de confiance. Et ici l'on voit des gens distingués se faire grande illusion. Ils se sont adonnés à la philosophie, à la théologie, à l'histoire, aux recherches qui ont l'homme moral et intellectuel pour fin principale ; et ils s'imaginent très facilement avoir conquis dans ces nobles études une prééminence de jugement qui leur permet à l'occasion de mesurer, comme on dit, en deux enjambées les résultats des théories les plus spéciales. Ils se trompent.

physiques du globe. Parmi les savants nombreux qui ont disserté avec beaucoup d'intérêt sur ce chapitre de l'histoire des idées, je citerai Ch. Sainte-Claire Deville, dans les dernières leçons qu'il fit au Collége de France en 1875. Cons. le beau livre intitulé : *Coup d'œil historique sur la géologie et sur les travaux d'Élie de Beaumont*. Paris 1878.

Dans un livre sur lequel je vais revenir, livre publié en Allemagne il y a une dizaine d'années et consacré à l'examen comparatif de la Bible et de la géologie, un fort savant homme, le P. Bosizio, rejette l'existence des époques successives ordonnées d'après la superposition des couches fossilifères ; et, au fort de la discussion, il déclare que « la philosophie et la théologie sont incontestablement les sciences à qui seules il appartient d'apprécier ce qu'il y a de vrai, ou tout au moins de correct dans les autres branches du savoir (1). »

C'est bien facile à dire ! Mais qu'y a-t-il de péremptoire au fond de cet aphorisme? Il y a simplement que les théories savantes ne peuvent être contraires à la raison ni opposées à la révélation. J'ajoute qu'un philosophe n'est pas la philosophie et qu'un théologien n'est pas la théologie. Quelle que soit la sublimité de leurs études de prédilection, si l'un et l'autre contrôlent la véracité d'une doctrine scientifique, ils sont tenus, comme tout le monde, d'abord de connaître et d'accepter les faits fondamentaux, puis de comprendre la méthode qui permet de les envisager avec précision, de saisir leurs rapports et les lois qui les relient. Or il est des cas où cela peut exiger un tour d'esprit fort différent de celui qui convient au philosophe, et même imposer des années d'apprentissage.

La logique a beau enseigner les règles du raisonnement, ce n'est pas Aristote, mais Euclide et Archimède qu'il faut consulter sur la justesse ou l'extension d'un théorème de géométrie. Pourtant il s'agit là d'une science construite toute entière de conséquences rigoureuses reposant sur quelques définitions.

Il y a quelques années une proposition mathématique fut ainsi formulée : *il existe des fonctions continues qui n'ont pas de dérivée;* ou autrement : *il existe des courbes qui sur une portion plus ou moins considérable de leur parcours*

(1) *Das Hexaemeron und die Geologie*, Mainz. 1865, s. 327.

n'ont pas de tangente. Ceux qui ne sont pas étrangers au calcul infinitésimal voient combien ces propositions respirent le paradoxe. J'ai connu un mathématicien éminent qui les déclarait absurdes au premier abord. Cependant il s'est trouvé, après ample examen pratiqué par les gens du métier, des exemples très nets, parfaitement justifiés et nombreux qui établissent ces propositions comme véritables. Croira-t-on qu'un logicien, ignorant d'ailleurs la géométrie et les méthodes de l'analyse, à qui l'on eût exposé en termes bien clairs la difficulté dont il s'agit, et qui ne serait qu'un simple mortel, aurait tranché la question?

Si, dans la pratique, il en va ainsi des sciences de raisonnement pur, que dire des sciences qui reposent uniquement sur l'observation des faits matériels! Celui qui se replie en soi-même pour découvrir les rapports nécessaires de ses idées, n'opère pas comme celui qui ramène toute son attention sur les objets extérieurs afin d'en épier de son mieux les manifestations variées et d'y lire s'il se peut la loi qui les régit. L'un et l'autre exercent au fond les mêmes facultés intellectuelles : mais les conditions sont tout autres. Car l'assentiment interne qu'accorde la raison à une proposition vraie ne ressemble pas à la conviction qui naît de la vue des faits. Les faits naturels ont leur langage qu'on ne comprend bien qu'en leur présence ; ils ont leurs relations mutuelles et leur enchaînement nécessaire qu'on saisit d'une manière immédiate et qui seulement alors emportent une pleine assurance. La vue des choses ne se remplace jamais. On conçoit que les grands naturalistes aient tant recommandé la pratique de l'observation comme la voie unique, laborieuse il est vrai mais sûre, pour arriver à voir clair dans le domaine du monde extérieur. Ainsi l'esprit humain, selon les cas, parvient à l'entière certitude par des voies si diverses, que les esprits spéculatifs sont rarement bons observateurs, et que des observateurs très sensés sont souvent de pauvres métaphysiciens. Aussi arrive-t-il que l'intelligence, comme systématisée par l'habitude des

mêmes opérations, devient moins apte à percevoir les vérités d'un autre ordre. Telle est l'indigence humaine!

Je fus étonné, il y a quelque temps, de la défiance d'un savant théologien à l'égard de plusieurs doctrines de la géologie qu'on ne peut plus guère contester. Afin d'expliquer ses doutes, il me mit en mains le livre publié par le P. Bosizio sur l'Hexaméron et la géologie, qui m'était resté tout à fait inconnu. L'ouvrage, écrit en allemand, est sous la forme d'une série de lettres adressées à un ami. L'auteur est visiblement un homme très intelligent et fort au courant de la littérature scientifique. Il est assez probable, pourtant, qu'il n'a jamais exploré une série de couches sédimentaires le marteau à la main. Par contre, il s'est mis à lire une quantité d'écrits sur la géologie et la paléontologie. Il est familiarisé avec le plus savant traité de géognosie que nous possédions, celui de Naumann. Il connaît et il cite avec exactitude Humboldt, Cuvier, Queenstedt, Bronn, d'Orbigny, Élie de Beaumont, de Verneuil, Murchison, Cotta et une foule d'autres. Bref, il a dix fois autant d'érudition géologique que plusieurs jeunes observateurs de mes amis qui font avancer tous les jours la connaissance des couches du sol belge.

Mais le P. Bosizio ne tire aucune utilité de tant de connaissances. Son livre renferme un trésor de faits et de vues savantes; et, chose singulière, il discute comme un homme mal renseigné! Son argumentation n'est qu'un abus perpétuel des difficultés, trop réelles d'ailleurs, qui se rencontrent dans l'étude du sol. Ces difficultés, il en méconnaît très souvent la véritable nature et toujours la portée. Il les rapproche arbitrairement les unes des autres, s'efforce de les enchaîner par un lien abstrait qui n'existe que dans sa pensée; puis il tire des conclusions illimitées, et il finit par tout démolir. On est stupéfait de l'assurance imperturbable du P. Bosizio dans les raisonnements qu'il oppose, du fond de son cabinet, à l'expérience et aux convictions des plus grands naturalistes du siècle. Avec toute sa

dialectique, il est victime d'une sorte de vertige où je vois un des plus graves dangers qui puisse menacer le jugement d'un homme supérieur. Je pense que le phénomène n'est pas rare chez les esprits spéculatifs qui se mêlent tout à coup d'apprécier les sciences naturelles sans avoir passé au préalable par l'enseignement méthodique qui leur est propre. Ils sont presque fatalement mauvais juges. C'est pourquoi il me paraît salutaire d'insister sur un des exemples que nous donne le P. Bosizio (1).

Il ne croit pas qu'il soit démontré que les espèces organisées aient apparu tour à tour sur la terre d'après l'ordre de leur perfectionnement. Il a raison. Mais il n'admet pas non plus comme un fait découlant de l'observation l'existence dans la croûte du globe de divers systèmes de couches, se suivant les uns les autres, et renfermant chacun une flore et une faune qui caractérisent l'époque du dépôt. En conséquence, il nie la paléontologie stratigraphique, et il soutient que c'est avec raison qu'il le fait. Car, en feuilletant les documents scientifiques, il remarque que les géologues déterminent très souvent l'âge des fossiles d'après la position relative des couches qui les contiennent; et il remarque qu'ils font tout aussi souvent le contraire. Ainsi le P. Bosizio rappelle, d'après Bronn, que les terrains silurien, dévonien, carbonifère, d'abord étudiés en Europe, n'ont été reconnus comme tels en Amérique que d'après les fossiles. Il voit tour à tour rapprocher les assises qui se ressemblent le moins, écarter celles qui se ressemblent le plus, d'après la présence ou l'absence de quelques restes organiques. Longtemps, par exemple, on a cru reconnaître d'après la ressemblance minéralogique que la grauwacke des Pyrénées était la même que celle des terrains anciens; et voilà qu'une petite coquille, *(Ammonites varians)*, qu'on y ramasse fait monter tout à coup cet immense système au

(1) Le P. Bosizio a publié un second ouvrage, dans le même esprit que le premier, et intitulé : *Die Geologie und die Sündfluth*

beau milieu des terrains secondaires. De même, à Mariathal, le sol est constitué d'ardoises identiques à celles des terrains qu'on affirme être les plus anciens. Je ne sais quel chercheur trouve aussi une ammonite, *(A. bifrons)*, et à l'instant, M. Von Hauer de Vienne fait passer toute la montagne de la base des terrains primaires à la hauteur du lias. C'est une force, dit en plaisantant le P. Bosizio, dont n'approche pas la vapeur que celle de ces petites coquilles susceptibles d'opérer de pareils déplacements de couches!

Mais conclut l'auteur, après avoir réuni un bon nombre d'exemples de ce genre, toujours empruntés aux sommités scientifiques, il appert que les géologues n'ont rien démontré en procédant de cette manière : puisque, d'un côté, ils font reposer les preuves d'un développement graduel des êtres organisés sur la succession des formations de sédiment et des périodes géologiques ; et que, de l'autre, ils démontrent l'existence successive des formations et des périodes par les fossiles trouvés, c'est-à-dire par les phases des règnes organiques! En un mot, ils établissent la chronologie des espèces de plantes et d'animaux d'après la série des étages, et ils tracent la succession de ces mêmes étages d'après la chronologie supposée des espèces. Mais, s'écrie le P. Bosizio, c'est là une illusion qui disparaît comme une bulle de savon *(Seifenblase)* à la lumière de la vérité, car le raisonnement de tous ces géologues se résout simplement en un *cercle vicieux (und sich in nichts anderes als circulus vitiosus auflöst)*. Il avoue naïvement ne pas comprendre comment tant d'hommes profondément versés dans la connaissance de la nature ont été et sont encore dupes de si grossiers sophismes. Il les plaint sérieusement de s'être donné tant de labeurs pour aboutir à rien! Il ne trouve d'autre explication à une si grande aberration que le préjugé panthéistique ou matérialiste de beaucoup de chercheurs, hostiles au déisme enseigné dans la Bible, et qui veulent à toute force que la nature ait procédé lentement dans la formation des espèces en s'élevant du plus simple au plus complexe.

La géognosie et la paléontologie stratigraphique étant ainsi renversées, le P. Bosizio termine par trois assertions qu'il considère comme *les plus vraisemblables* et les *mieux fondées* aux yeux d'un esprit *non prévenu :* 1° On doit continuer de prendre au pied de la lettre le récit de Moïse ainsi qu'on faisait avant les recherches des naturalistes modernes. 2° Toutes les couches fossilifères de la croûte du globe ont été deposées depuis la création de l'homme, c'est-à-dire depuis quelques milliers d'années. 3° L'ensevelissement dans ces couches des êtres organisés de même que leur bouleversement sont attribuables en partie au déluge de Noé, en partie à d'autres catastrophes survenues depuis les temps historiques.

Ces affirmations étonnantes du P. Bosizio ont leur côté instructif! Voilà un écrivain dont la spécialité n'est pas les sciences naturelles, et qui abolit en quelques traits de plume les conclusions les plus importantes auxquelles on est parvenu dans l'histoire de la terre ! Selon lui, les naturalistes de tant de pays qui s'accordent pour voir, dans le sol de leur patrie, des étages superposés renfermant des organismes particuliers, se succédant suivant un certain ordre, sont le jouet d'un cercle vicieux qui leur a échappé à tous!

Je n'insisterai pas ici sur l'égarement du P. Bosizio ne voulant pas admettre qu'on a commencé par prouver les phases successives des organismes, en étudiant la distribution des fossiles dans les terrains d'un grand nombre de de régions où la superposition des couches est parfaitement claire, et qu'on applique ces résultats évidents aux localités dont la structure présente de l'obscurité. Remarquons seulement cette tendance matérialiste ou panthéiste que le P. Bosizio reproche aux savants partisans des longues périodes géologiques et admettant le progrès général des organismes. Pourquoi un homme qui a lu tant de livres de géologie, pense-t-il ainsi qu'une philosophie sophistique a perverti cette science et troublé le regard de ceux qui la cultivent ? Smith, Cuvier et les deux Brorgniart, d'Orbi-

gny, Bronn, Quenstedt, Élie de Beaumont et d'Omalius, de Verneuil, Pictet, Murchison, d'Archiac, Barrande et bien d'autres qui ont prouvé par leurs recherches le fait de la succession des faunes et des flores sur le globe, n'étaient pas des panthéistes. Tous ceux-là ont déclaré qu'ils croyaient à un Dieu créateur du monde : la plupart étaient chrétiens, reconnaissaient l'inspiration des saintes Écritures ; plusieurs professaient ou professent encore la foi catholique !

Mais le P. Bosizio n'est ni peu ni point préparé à la critique des doctrines de la géologie, les connaissances les plus étendues en théologie et en philosophie étant insuffisantes pour cela. Il ne se rend pas compte de la méthode d'observation et de son efficacité pour résoudre de grands problèmes. Il ne soupçonne pas à quel point le désintéressement de toute opinion préconçue est indispensable au naturaliste qui tient à l'exactitude. Aussi n'apprécie-t-il pas, comme elle le mérite, l'autorité de l'observateur qui scrute les faits et les relations nécessaires qu'ils ont entre eux, relations qui sont aussi des vérités. Je sais qu'il est des savants ne mentionnant que les faits qui leur conviennent et qu'ils s'efforcent de plier à des hypothèses. Mais il serait ridicule et injuste de ranger parmi ceux-là les hommes éminents que j'ai cités. On doit les en croire quand ils s'accordent sur les longues périodes de la terre et sur les transformations du monde organique. Ouvriers actifs et témoins fidèles, ils ont apporté chacun de son côté des matériaux pour un même ouvrage, et plus d'une fois sans soupçonner à l'avance le résultat auquel ils devaient parvenir.

C'est le P. Bosizio qui est dominé par une fausse théorie! Il n'y a pas à se le dissimuler : l'histoire du globe, telle que les faits l'ont dictée aux géologues, lui déplaît complètement. Il est clair que ces périodes interminables, que ces phases distinctes et plus ou moins progressives de la création vivante, auxquelles on n'avait jamais songé avant les recherches modernes, ne cadrent pas entièrement avec l'idée

que le P. Bosizio s'est formée de la toute-puissance divine. Voilà comment il soupçonne très sincèrement la plupart des géologues d'être menés par des tendances panthéistiques. Rien, à mon avis, ne montre mieux qu'un tel exemple combien il se faut méfier du raisonnement *à priori* dans les matières auxquelles il répugne. Autrefois, quand les sciences naturelles étaient peu cultivées, il y avait un moindre inconvénient à ces empiétements du raisonnement abstrait dans le domaine alors inoccupé des études physiques. Les choses sont changées. Le respect dû aux méthodes propres à chacune des branches du savoir et aux résultats qu'elles amènent doit être porté désormais jusqu'au scrupule (1). Il faut en convenir : l'étude approfondie de l'univers visible a rectifié sur plusieurs points essentiels les opinions universellement professées autrefois par les plus grands esprits. Aussi le philosophe et le théologien bien avisés ne déduiront pas l'étendue du monde sidéral, la structure et l'ancienneté de la terre, soit de l'idée qu'ils se font des perfections divines, soit de passages bibliques susceptibles d'interprétations contraires : ils s'en enquerront auprès de l'astronome et du géologue, en commençant par comprendre leurs preuves, sauf à les peser ensuite. Procéder autrement, c'est s'exposer à juger indigne de Dieu précisément l'univers qu'il lui a plu de créer. Ajoutons que c'est perdre tout crédit sur les savants qui ne seraient pas bons catholiques.

II.

Je disais en commençant que, parmi les conclusions indubitables de la géologie, il en était d'assez importantes pour frapper celui qui les admet, moins encore en tant que

(1) La première Constitution dogmatique du Concile du Vatican dit : *In suo quæque ambitu propriis utantur principiis et propria methodo.* C. IV.

naturaliste, que comme homme s'intéressant à l'origine des choses. Je prendrai une de ces conclusions assez établie pour que tous les apologistes chrétiens sachent à quoi s'en tenir : c'est la haute antiquité du globe terrestre. Cette antiquité qui est à la durée de nos temps historiques ce que sont les distances planétaires aux dimensions du globe, elle est acquise à la science. Ce n'est pas une vérité absolue, me disait dernièrement un de mes éminents collègues de la faculté de droit. Je le veux bien : la haute antiquité du globe est simplement vraie comme l'existence de César et de Napoléon.

Toutefois, nonobstant une assertion si catégorique, je sais trop que le caractère péremptoire des arguments n'affecte pas immédiatement toutes les sortes d'esprits, pour me flatter de convaincre par une exposition faite à grands traits ceux qui ne seraient pas façonnés à l'induction en histoire naturelle. Dès qu'il s'agit de l'univers physique, ce n'est plus à la parole humaine, mais aux faits de convaincre ; et qui s'obstine à douter n'a qu'à se mettre face à face avec les réalités. Néanmoins l'argumentation que je vais résumer est si simple, à mon avis, dans ses termes essentiels, qu'elle doit frapper tout homme docile et de bonne foi comme quelque chose de très sérieux.

Cette démonstration repose sur deux faits et comporte l'admission d'un principe. Elle est aisée à retenir.

Ces deux faits sont : d'abord, la présence de débris organiques ou de fossiles dans les couches qui constituent les terrains ; en second lieu, la superposition des terrains les uns aux autres. Le principe c'est la permanence des lois.

Les fossiles sont-ils des restes de plantes ou d'animaux qui ont vécu autrefois à la surface du globe ? Personne, à ma connaissance, n'en doute actuellement ; même les écrivains, comme le P. Bosizio, qui rejettent la plupart des conclusions de la géologie contemporaine, acceptent l'origine organique des fossiles ; et par le fait même, qu'ils le sachent ou qu'ils l'ignorent, ils sont conduits forcément à

la haute antiquité de la terre. Mais, on le sait, longtemps on méconnut la vraie nature des fossiles. Chose curieuse, très digne de l'attention du penseur car elle montre combien lentement on arrive à la connaissance de vérités très simples, Léonard de Vinci et Fracastoro, au xve et xvie siècles, ayant soutenu l'origine organique des fossiles, eurent contre eux presque tout le monde; et non seulement des philosophes, mais des naturalistes très distingués comme le botaniste Matholi, l'anatomiste Fallop, et le célèbre Agricola si digne d'admiration pour son étude des gisements métallifères.

Dans les temps modernes, aussitôt qu'on eut reconnu la nature réelle des fossiles, on commença par les croire identiques aux êtres vivants actuels et par attribuer leur ensevelissement dans les terrains au déluge et à d'autres cataclysmes historiques. C'est l'idée que maintient encore le P. Bosizio, et ce fut un grand progrès : car auparavant, soit chez les anciens, soit au moyen âge, on pensait que les *pétrifications* devaient leurs formes particulières à l'influence des corps célestes ou à la force plastique de la terre (1). Ce n'étaient donc que de simples formes imitatives. Si quelqu'un ressuscitait aujourd'hui cette hypothèse il arrêterait net la démonstration géologique. De plus, si l'adversaire que je suppose était purement un raisonneur, qu'il fût absolument rebelle à l'observation des faits et à ce mode de conviction qui naît invinciblement de leur confrontation et de leurs analogies, il serait impossible de le réfuter. Il dirait qu'il peut exister en effet des forces occultes que nous

(1) Quelques philosophes grecs ont eu néanmoins des idées plus justes. Xénophane, d'après les *Philosophumena* d'Origène, aurait reconnu formellement le caractère véritable des poissons, des coquilles et des plantes fossiles dont les empreintes se rencontrent dans les carrières de Syracuse, de Malte, de Paros, et en aurait conclu que les terres et les mers prévalaient tour à tour sur ce monde changeant. Empédocle aurait eu des idées approchantes. Cons. la dissertation très remarquable de M. Schvarez, sur les connaissances géologiques des Grecs et des Romains, insérée dans le *cours de paléontologie stratigraphique* de d'Archiac, t. II, p. 577 et suiv.

n'avons pas directement expérimentées ; il ajouterait que Dieu peut tout faire, et que s'il lui a plu de créer par milliards dans l'intérieur de la terre des formes qui trompent l'œil le plus exercé, c'est qu'il en a trouvé, dans son éternelle sagesse, des raisons qui nous sont profondément inconnues. J'ignore, quant à moi, ce que l'on pourrait répondre à un argumentateur qui se roidirait de la sorte, si ce n'est que la Providence ne l'a pas destiné à la connaissance scientifique du monde qui nous entoure.

Mais les fossiles ne sont plus contestés, du moins dans les publications contemporaines, l'examen attentif ayant convaincu tous ceux qui ont pris la peine de les comparer aux formes vivantes, et ceux-là ayant transmis leur conviction aux autres. Un coup d'œil rapide jeté sur les formes extérieures est déjà décisif dans la plupart des cas. Pour un homme impartial il suffit de regarder. Mettez sous les yeux d'un campagnard quelque belle plaque de schiste houiller avec restes de fougères, en lui demandant à quoi cela ressemble : il n'hésitera pas un instant à assimiler ces empreintes aux plantes qu'il rencontre à chaque pas dans le bois. Ramassez des coquilles dans le terrain tertiaire des environs de Paris où l'on en trouve parfois qui ont gardé leurs couleurs, mélangez ces coquilles à celles qui abondent sur les plages actuelles de l'Océan, personne ne distinguera les unes des autres, sauf un Deshayes, un Woodward et ceux qui, comme eux, se sont appliqués aux particularités conchyliologiques.

Ne nous contentons pas de confronter les apparences extérieures : multiplions les moyens de contrôle ; prenons la loupe, le miscroscope ; la parenté des formes s'accentuera dans la proportion des moyens employés. Les lithologistes affirment que la houille est d'origine végétale en comparant la composition chimique des diverses variétés à celle du bois desséché. Le micrographe à son tour retrouve dans les particules de la houille ancienne le tissu celluleux qui constitue l'épiderme des feuilles et des tiges

herbacées en même temps que les vaisseaux scalariformes et les sporanges propres aux fougères et à d'autres cryptogames vasculaires. M. Dawson voulant savoir à quoi s'en tenir sur le rang d'un des plus anciens arbres fossiles, le *Dadoxylon*, du terrain dévonien d'Amérique, en fait tailler des fragments en lames minces transparentes ; il soumet ces lames au microscope et, moyennant un grossissement suffisant, il aperçoit dans la coupe longitudinale des fibres, les aréoles discoïdes qui caractérisent actuellement encore le bois des pins et des sapins. A quoi bon accumuler les exemples? Sachons seulement que des botanistes ont préféré comme plus facile et plus instructif l'examen microscopique des bois fossiles silicifiés à celui des espèces vivantes.

Remarquons maintenant une conséquence de ces analogies profondes des organismes fossiles avec les actuels. Une plante ou un animal ne se produit pas *naturellement* avec son développement normal en un clin d'œil. Il est de l'être organisé de parcourir un cycle. Il naît, il s'accroît peu à peu, acquiert la faculté de se reproduire, et sa structure, à un moment donné, porte la trace nécessaire des phases quelquefois très longues par lesquelles il a passé. Elle résume son histoire antérieure. Considérez, par exemple, une écaille ou valve d'huître. Cette valve n'a pas l'aspect d'une plaque produite d'un seul jet. On y découvre à l'extérieur un bon nombre de plis concentriques correspondant au rebord d'autant de lamelles gaufrées et superposées, dont les inférieures s'avancent au delà des supérieures. Chacune de ces lamelles pierreuses a été secrétée en son temps par le manteau charnu de l'animal, à mesure de sa croissance, et ces rebords espacés répondent à des temps d'arrêt dans la sécrétion pierreuse : car c'est là un phénomène périodique, du moins pour un très grand nombre de coquilles. Au point de départ, l'écaille de l'huître était réduite à un grain de calcaire situé près du sommet. La valve est donc un édifice qui s'est construit lentement et

avec des temps de repos qui se rattachent aux saisons.

Si l'on inspecte ensuite les huîtres *(Ostrea ventilabrum)* qui abondent dans le terrain tertiaire de Lethen, près Tongres, et qu'un œil novice pourrait confondre avec les huîtres actuelles, on y constate les mêmes rebords lamelleux en retrait les uns par rapport aux autres. Dirons-nous que ces lamelles juxtaposées des ostracés tertiaires ne procèdent pas des mêmes phénomènes physiologiques que ceux qui président aux accroissements des huîtres récentes? Non, certes, nous n'avancerons pas cette erreur : parce que nous admettons la permanence des lois qu'il a plu à Dieu d'imprimer à la vie ici-bas. Ce principe de la permanence des lois est la condition *sine qua non* de l'interprétation rationnelle du monde physique. C'est pourquoi, sans hésiter, nous déclarons que la coquille de l'*O. ventilabrum* s'est confectionnée avec une certaine lenteur, et par périodes ; et nous affirmons du même coup que l'animal vivait dans le fond de la mer, était nécessairement en rapport avec une certaine quantité d'oxygène dissous dans le liquide ambiant, et qu'il lui était aussi impossible qu'à l'animal de l'huître actuelle de se développer et de vivre sous dix mètres de sable.

Il est vrai que les circonstances peuvent être plus ou moins favorables à la marche des corps organiques et que, nonobstant la persistance des lois, ceux-ci jouissent d'une incontestable flexibilité. Mais cette flexibilité qui est dans la nature des êtres vivants, c'est l'observation qui nous l'enseigne, et en même temps elle nous apprend que les écarts en sont restreints dans des limites resserrées. Transformer indéfiniment par hypothèse les habitats et conditions de vie des organismes fossiles, accélérer outre mesure la marche de leur accroissement, c'est méconnaître ce qui est ici pour nous la base de toute certitude, à savoir l'observation et l'expérience : c'est précisément violer la loi.

Étendons par la pensée ce que je viens de rappeler touchant les huîtres de Lethen aux coquilles turbinées des gastéropodes, aux coquilles cloisonnées des céphalopodes, à tous

les autres mollusques, aux bryozoaires, aux polypiers, aux crustacés, aux ossements de vertébrés, aux troncs d'arbres avec couches annuelles d'accroissement et aux innombrables empreintes végétales, en un mot à tous les débris fossiles rencontrés dans les couches. Chaque spécimen, chaque fragment porte dans sa structure la preuve indélébile d'une carrière plus ou moins durable accomplie autrefois dans le milieu vital, c'est-à-dire dans l'atmosphère et à la surface même du globe, ou au sein des eaux qui le recouvrent en partie.

Je ne conçois qu'une exception possible à la règle qui vient d'être rappelée, d'après laquelle la conformité de la structure intime entre un organisme fossile et un organisme vivant suppose chez l'un et chez l'autre des phénomènes vitaux et une durée à peu près semblables. Voici cette exception :

J'ignore entièrement comment Dieu s'y est pris pour faire éclore la vie sur la terre, et même comment il y introduisit les premiers exemplaires de chaque type d'être. C'est le mystère de l'apparition ou de la dérivation des espèces, vis-à-vis duquel nous sommes réduits aux hypothèses. L'Écriture sainte paraît enseigner qu'Adam fut créé dans la plénitude de ses facultés physiques, comme il le fut avec le plein usage de ses facultés intellectuelles. S'il a plu au Créateur de faire apparaître ainsi à l'état adulte un grand nombre d'espèces destinées à se reproduire et à se multiplier avec le temps, il est clair que, dans chaque cas, les premiers exemplaires peuvent induire en erreur le savant qui par hasard mettrait la main sur eux. Ces exemplaires primordiaux, en dépit de l'identité de structure, ne supposent pas la même histoire physiologique que leurs descendants, puisque, dans l'hypothèse, ils ont été produits complets par le pouvoir créateur. Ils font donc exception. Mais cette exception n'est pas opposée au principe de la permanence des lois : au contraire, les lois physiologiques que nous connaissons, exigent cette exception à cause de leur insuffisance et comme condition de leur exercice. Ces cas singu-

liers ne sont donc pas de nature à ébranler la démonstration de l'ancienneté du monde.

La signification des fossiles étant une fois reconnue, il ne reste plus qu'à tenir compte du fait de la superposition des couches fossilifères pour conclure nécessairement à l'ancienneté du globe. — En effet l'observateur impartial la trouve exprimée d'une manière assez éloquente dans la structure du sol qui nous porte. Mais il faut ouvrir les yeux!

La surface de la terre habitable nous présente, dans sa configuration extérieure, une apparence d'immobilité et, dans la distribution des terrains, une apparence de confusion qui trompent l'une et l'autre le regard du spectateur inhabile. Quoi de plus stable, au premier abord, que la disposition physique des contrées, que les limites des mers, que la direction des fleuves, que la répartition des pays de montagnes et des pays de plaines? L'histoire nous montre les générations et les civilisations humaines se supplantant l'une l'autre sur ce grand théâtre, sans que les traits essentiels s'en altèrent d'une manière sensible. Si maintenant nous considérons de plus près la nature même du sol, quelle variété et, en même temps, quelle diffusion bizarre des masses minérales! Rappelez-vous un voyage de quelques heures en chemin de fer. Tour à tour, comme au hasard, souvent avec une brusquerie étonnante, se succèdent ou se répètent le sable, le limon, les argiles, les amas de craie, les rochers de marbre, les montagnes de grès, d'ardoises ou de granit. Mais l'observation méthodique vient démentir ces premières impressions en faisant retrouver un ordre constant et une suite incomparable de changements sous cette figure capricieuse et immobile de la terre. En effet, si la terre a son véritable cycle historique, si elle a traversé des états divers, courts ou prolongés, elle en doit porter le témoignage dans sa structure présente, comme il en arrive de l'écaille d'une huître qui démontre le mode progressif qui l'a constituée telle qu'elle est. Voilà comment l'étude attentive de la charpente des continents

conduit de soi-même à l'histoire de la terre, histoire inattendue du philosophe autant que du simple paysan.

Que disent les faits? C'est que la majeure partie du sol des continents est formée d'immenses plaques ou couches minérales, empilées les unes au-dessus des autres et offrant une épaisseur énorme. Chacune de ces plaques ou assises minérales, qu'elle soit composée de sable, de grès, d'argile, de schiste, de marne, de calcaire ou de tout autre substance, renferme à peu près toujours sur des portions plus ou moins considérables de son étendue en surface, et à presque toutes les hauteurs, des accumulations innombrables d'organismes marins. Si l'on compare ces organismes à leurs analogues vivants, on voit, soit par leur état de conservation, soit par la position qu'ils occupent, que la plupart ont vécu à peu près à la place où on les trouve.

De ces faits universellement établis, et chacun peut les vérifier au besoin dans le pays qu'il habite, on tire infailliblement les conséquences suivantes :

1° La presque totalité des couches qui composent les terrains a été déposée dans le sein des mers.

2° La très grande partie du sol des continents géologiquement explorés, c'est-à-dire l'Europe, les deux Amériques, une bonne partie de l'Asie, de l'Australie et des îles, les contrées nord et sud de l'Afrique, ont dû se trouver sous les eaux marines et en ont émergé plus tard.

3° Les dépôts sédimentaires marins qui forment le plus ordinairement le fond des contrées habitées par l'homme ont dû s'effectuer lentement dans leur ensemble. Il est impossible de les faire dériver d'une précipitation rapide de matières pierreuses et terreuses tombant du sein d'un océan universel qui aurait été peuplé d'êtres vivants ; et l'idée de les rattacher d'une manière quelconque au cataclysme si court que la Bible nous a transmis sous le nom de déluge, ne viendra jamais à celui qui connaît les faits. Car les lits coquilliers successifs insérés dans les couches ont constitué tour à tour un fond de mer. Ces fonds de mer devaient donc

offrir habituellement une stabilité suffisante pour permettre l'accroissement des mollusques, des polypiers et autres êtres marins, ceux-ci étant tenus de demeurer en rapport avec l'eau et périssant immanquablement s'ils sont promptement recouverts de substances minérales. Ces preuves et d'autres analogues d'une marche très peu accélérée des actions sédimentaires se répètent à chaque instant dans la série stratifiée (1). Cela revient à dire que, à part les exceptions locales ou momentanées, le fond des océans primitifs se comblait généralement avec lenteur, et que si les dépôts avec lits de fossiles sont épais, il a fallu pour les construire feuillet à feuillet un temps très considérable. Pour les mêmes raisons d'ailleurs les couches profondes ont été déposées avant celles qui les surmontent, de telle sorte que la succession verticale de ces mêmes couches fait retrouver la succession des événements ou l'ordre chronologique.

Il reste à vérifier une seule chose pour compléter la démonstration de la haute antiquité du globe. Les anciens dépôts marins qui dans leur ensemble et sauf des accidents locaux ou passagers se sont accrus avec lenteur, offrent-ils une épaisseur tellement écrasante qu'il n'y ait aucune proportion entre le temps qu'ils réclament et les sept ou huit mille années endéans lesquelles paraît tenir toute la série des enfants d'Adam ? Oui, il en est de la sorte : et c'est ce qui résulte de cette partie de la science de la terre qu'on nomme la stratigraphie.

(1) Sur les preuves de la lenteur qui a présidé souvent à l'accroissement virtuel d'un même étage sédimentaire, on peut voir ce que dit Lyell, pp. 23-27 du *Student's elements of geology*. On peut consulter, de même, à propos des interruptions fréquentes de toute sédimentation dans certains bassins géologiques, le grand mémoire de M. Hébert intitulé : *Les mers anciennes et leurs rivages dans le bassin de Paris*. On se rappellera également ces alternances de régime marin, de régime d'eau saumâtre et de régime terrestre, qui se renouvellent à plusieurs reprises, par exemple dans la formation de Purbeck si peu importante par sa faible épaisseur et qui précède l'époque Wealdienne (Lyell, *op. cit.* pp. 300-312). Des faits semblables se reconnaissent dans les terrains stratifiés de toutes les époques.

La stratigraphie décrit les caractères généraux, l'extension et la position relative de ces grandes plaques ou couches minérales dont j'ai parlé : elle décrit aussi d'autres masses d'origines différentes et qui sont interposées parmi les précédentes. Elle fait à proprement parler l'anatomie descriptive de la croûte du globe. Il n'y a pas de science plus positive. C'est elle qui constate les épaisseurs des diverses assises et l'ordre exact d'après lequel se superposent les systèmes de couches, à partir des plus anciens qu'on puisse atteindre jusqu'aux plus récents. C'est donc à elle de fournir les bases de la chronologie terrestre, et de préciser la nature des grands changements dont la surface du globe a été le théâtre à bien des reprises pendant les âges antérieurs.

Chaque étage consigné par la stratigraphie correspond à un moment de l'histoire de l'univers. La série totale de ces étages a été partagée en quelques grands groupes comprenant beaucoup de subdivisions et correspondant chacun à des périodes fort longues. Ces périodes, énumérées à partir des plus anciennes, se nomment souvent archaïque, primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire. Leur ordre de succession, comme je viens de le donner, repose sur des réalités sans cesse vérifiables, et il est aussi indubitable pour les géologues des deux mondes que l'ordre des époques appelées antiquité, moyen âge et temps moderne, l'est pour l'historien ; puisqu'il se déduit directement de l'observation tout à fait comme la superposition de l'épiderme au derme dans la peau humaine. A celui qui, comme le P. Bosizio, nie cet ordre de succession en abusant de difficultés qu'il n'a pas comprises, on doit répondre comme le modeste Desmarets au grand Werner qui rejetait l'existence des anciens volcans d'Auvergne : *Allez et voyez !*

L'épaisseur totale des terrains sédimentaires est immense. Quoique la plus grande profondeur à laquelle l'homme atteigne directement au-dessous de la surface par les puits et les galeries des mines ne dépasse guère un millier de mètres, il peut toucher de sa main et observer à loisir des ter-

rains depuis le temps desquels les couches de sédiments se sont accumulées sur 30 ou 40 kilomètres d'épaisseur. La cause en est dans les redressements et froissements accompagnés de ruptures qui ont été subis à plusieurs reprises par les systèmes de couches. A la suite de ces grands ridements du sol souvent les couches anciennes se montrent à la surface et en bancs inclinés à côté des couches plus récentes. Il n'est rien de plus remarquable, de plus en dehors de la prévision des personnes ignorantes que ces grandes dislocations de la croûte terrestre. Le stratigraphe, en constatant l'extension variable des formations des différents âges, la disparition partielle de plusieurs d'entre elles par démolition postérieure, les relèvements et les plissements prodigieux des couches étalées d'abord horizontalement, nous déroule l'existence dans le passé d'une très longue suite d'événements. Ce sont des changements répétés et complets de la géographie, dont l'objet paraît au premier abord si immuable. A mesure que s'écoulaient les siècles, de vastes portions de ce que nous nommons les continents, tantôt furent portées au-dessus des océans, tantôt s'affaissèrent au-dessous de leur niveau. Les plus grands accidents actuels de la surface terrestre, les Alpes, les Pyrénées, les Andes, l'Himalaya s'élevèrent à des époques différentes sur l'emplacement d'anciennes plaines ou d'anciennes mers. Les forces directement mises en jeu pour amener ces changements formidables sont l'objet d'hypothèses ; mais la réalité des événements, n'est pas une hypothèse, ces événements ayant leur témoignage authentique dans des faits de structure que chacun peut observer, et que la méthode géologique enseigne à bien lire.

La sommation des épaisseurs de toutes les couches sédimentaires n'est évaluable que par approximation, parce que les mêmes subdivisions n'ont pas à beaucoup près la même puissance dans toutes les régions où elles sont réparties. En prenant pour base l'état des choses en Angleterre et aux États-Unis, et si l'on songe que partout on rencontre

des lacunes, on ne peut assigner moins de 30 à 40 kilomètres à l'accumulation des dépôts formés depuis les anciennes couches cambriennes où vivaient les trilobites des types *Paradoxides* et *Plutonia* (Stᵉ David). Dans le cas où l'être mystérieux qu'on a nommé *Eozoon canadense* et qu'on observe dans les calcaires cristallins du gneiss serait véritablement un organisme, il faudrait ajouter une pile de 10 kilomètres environ à la série prémentionnée des dépôts marins.

Reportant les yeux sur les contrées le plus anciennement connues, comme les côtes syriennes, l'Archipel grec, les bords de la mer Rouge et de l'Afrique, le périmètre de la péninsule italienne et des îles qui en dépendent, on est frappé de leur immutabilité relative depuis des milliers d'années. On remarque l'accroissement extrêmement lent des bancs coquilliers et corallins, l'imperceptible comblement du fond des mers, la presque invariabilité du contour de leurs rivages et la persistance des détroits connus depuis l'antiquité, dans les endroits mêmes où les êtres marins se multiplient le plus rapidement et où la démolition des côtes par les vagues fournit le plus de matériaux pierreux à l'étalage sédimentaire. Il n'y a qu'au voisinage immédiat des deltas à très grandes alluvions, comme celui du Pô, que les modifications géographiques soient vraiment prononcées : mais c'est à la condition que la mer ait très peu de profondeur. Si, comme le prouve l'observation, c'est avant tout aux dépens de la substance des continents que s'accroissent les dépôts au fond des mers, de combien peu de mètres a dû s'épaissir en moyenne le lit immense étalé au fond de la Méditerranée, si après tant de siècles les contours de cette mer ont si peu changé (1) !

(1) Les modifications dues aux agents géologiques qui se sont exercés depuis plusieurs milliers d'années, ne sont pas insignifiantes lorsqu'on les examine en elles-mêmes, et qu'on les compare aux travaux des hommes. Les démolitions effectuées sur certains points des côtes d'Angleterre, de Normandie, de Bretagne, au détroit de Gibraltar, dans les îles de la mer du Nord,

En prenant l'ensemble de ces effets géologiques on voit que le résultat en a été minime depuis deux ou trois mille ans : et si l'on compare ce résultat à l'œuvre qui s'est progressivement accomplie auparavant, il se réduit à une sorte d'infiniment petit. Le contraste est accablant pour l'imagination. Quant à la raison, elle ne peut hésiter. — En contemplant l'ensemble de la série stratifiée, nous nous trouvons face à face avec le document authentique, avec le témoin irréfragable d'une durée de plusieurs millions d'années écoulées depuis que la vie existe ici-bas. Et il en est ainsi aux yeux de tous les géologues, quelle que soit d'ailleurs la théorie spéciale qu'ils adoptent pour expliquer le mécanisme des révolutions du globe : qu'ils admettent l'intervention de crises et de cataclysmes comme Élie de Beaumont et Murchison, ou bien, comme Lyell et Constant Prevost, qu'ils ne prétendent recourir en toute occasion qu'à des actions lentes semblables à celles qui se passent actuellement. Tous concluent également à une haute antiquité. Car s'il en est, parmi les assises terrestres, dont l'accumulation déterminée à la suite de phénomènes d'une violence extrême aurait pu se faire en un temps très court, on constate par milliers de fois, dans la suite verticale des assises, les preuves d'un arrêt complet ou d'un ralentissement dans la production des dépôts, qui rappellent ce qui se passe sur les rives d'un lac paisible ou dans une anse tranquille.

Cette même conclusion relative à la haute antiquité des terrains sédimentaires est confirmée par ce fait, que les traces laissées par les anciens de leur existence sont renfermées dans les couches tout à fait supérieures de la série. La stratigraphie démontre de la manière la plus péremptoire que les monuments des civilisations grecque, romaine,

etc., sont très notables, et prouvent l'énergie des phénomènes qui tendent de nos jours à modifier la figure de la terre. Mais ces effets perdent toute leur grandeur apparente aussitôt qu'on les compare à l'ensemble des opérations géologiques qui ont précédé notre époque. Ainsi la plupart seraient peu sensibles sur une carte de l'Europe dessinée au millionième.

étrusque, égyptienne, tels que poteries, ustensiles, armes, médailles, qui ont été enfouis dans le sol par des causes naturelles, se retrouvent exclusivement dans les alluvions des fleuves ou dans les dépôts littoraux, lacustres et marins, ou bien dans les éboulis de montagnes ou sur le plancher des excavations rocheuses : c'est-à-dire dans les dépôts les plus récents de tous, et qui viennent comme une pellicule presque imperceptible recouvrir çà et là l'immense échafaudage édifié par les temps antérieurs. Ce qu'on nomme l'antiquité classique est donc l'*aujourd'hui* de la géologie. Tout ce qui a été découvert d'incontestable touchant les âges dits de la *pierre polie* et de la *pierre taillée* et dépendant de l'ère qu'on a désignée à tort par l'épithète de *préhistorique*, tous ces documents ont été extraits, soit de ces mêmes terrains actuels que je viens de signaler, soit des terrains de transport qui les précèdent immédiatement. Toute l'histoire humaine est donc resserrée dans les derniers dépôts superficiels de la croûte du globe, et si cette histoire embrasse quelques milliers d'années, les âges qui la précèdent et durant lesquels les continents se formèrent en comprennent nécessairement des millions.

Combien l'observation impose-t-elle de millions d'années à cette élaboration de l'ossature des continents ? Personne n'est à même de le dire. La certitude d'une durée immense subsiste en même temps que l'incertitude sur sa valeur numérique. En cela, point de contradiction. Les mêmes choses existent en astronomie. Avant que Bessel eût fixé le premier par un chiffre la parallaxe d'une étoile, on savait que les étoiles fixes étaient à une distance incomparable du système planétaire, puisque, en passant d'une extrémité à l'autre de son orbite, la terre ne déplaçait pas d'une manière sensible leurs positions respectives. De même, mise en regard de l'ancienneté de l'homme, la vieillesse de l'œuvre sédimentaire est incomparable. Pourtant cette antiquité prodigieuse des couches renfermant les premiers êtres organisés vient elle-même à la suite d'une préparation

antérieure du globe qui suppose un abîme de temps beaucoup plus considérable.

En résumé, les couches sédimentaires qui constituent pour la majeure partie l'enveloppe externe du globe sont d'une épaisseur colossale, et se sont formées avec lenteur : telle est en deux mots la démonstration de l'ancienneté de la terre. C'est probablement la démonstration la plus simple et la plus accessible à présenter aux personnes ignorant la géologie. Je n'ai pas cru nécessaire de faire intervenir les changements anciens des faunes et des flores, qui conduiraient à la même conclusion.

D'après cela, le Dieu que nous adorons a ouvert plus anciennement qu'on ne pensait, je veux dire il y a des millions d'années déjà, le concert immortel des merveilles créées. Nos pères ignoraient cette vérité. Si j'osais indiquer une conséquence de l'antiquité de la matière et de la préparation si longue de l'univers visible, j'insisterais sur l'efficacité que Dieu semble avoir communiquée aux causes secondes pour la réalisation de ses volontés souveraines. Les temps sont longs, les cycles sont immenses ; parce que beaucoup de choses se développent sous l'empire des lois générales, et que les phases successives du plan divin procèdent jusqu'à un certain point les unes des autres par l'entrecroisement nécessaire des activités créées. C'est pourquoi les forces qui maintiennent la conservation du monde sont en grande partie les mêmes forces qui l'ont développé dès son origine et qui l'ont perfectionné. Autrefois, on imaginait l'univers sorti des mains de Dieu à peu près tel que nous le voyons. Il me semble que l'état des choses enseigné par la géologie donne une idée plus haute de la grandeur, de la toute-puissance et de la prévoyante sagesse du Créateur, si, comme le dit le bon sens, c'est à l'œuvre qu'on mesure l'ouvrier.

Ch. de la Vallée Poussin,
professeur à l'Université catholique de Louvain.

L'HOMME TERTIAIRE

L'époque tertiaire est la troisième grande époque des temps géologiques. Cependant, au point de vue de la durée, elle est à peine comparable aux âges antérieurs, au premier surtout. L'époque primaire est représentée, en effet, par des couches terrestres dont la puissance a été évaluée à 30 000 mètres. L'épaisseur totale des terrains secondaires n'est guère, paraît-il, que de cinq kilomètres : mais celle de la formation tertiaire est beaucoup plus faible encore. Il est difficile, du reste, de s'en faire une idée exacte, tant les dépôts de cet âge sont restreints, irréguliers et sans nul caractère précis qui permette de les envisager dans leur ensemble. Alors que les formations primitives se présentent sur de grandes surfaces, parfois sur des continents entiers, presque sans nulle interruption, les terrains tertiaires, — et plus encore ceux que l'on a appelés *quaternaires*, — se présentent par lambeaux isolés, discontinus et sans homogénéité ; si bien que pour les classer dans un ordre prétendu chronologique, il a fallu que le géologue, renonçant au plus sûr des caractères, à celui

qui réside dans la *stratification* ou la superposition des couches, s'appuyât presque exclusivement sur la nature des fossiles, indice probable, mais non certain, de l'âge relatif des dépôts.

Une conséquence importante résulte de ce qui précède : c'est que, de l'avis même de ceux qui prétendent que l'homme a vécu dans les temps tertiaires, son apparition, comparée à celle des autres êtres, est extrêmement récente. Nous verrons toutefois par l'étude des faits jusqu'à quel point cette prétention est fondée.

L'époque tertiaire est par excellence celle des *animaux terrestres :* c'est elle que le premier des historiens, Moïse, a voulu désigner par ce terme dans son sixième *jour* de la création (1).

Un célèbre géologue anglais, Charles Lyell, l'a subdivisée en trois périodes d'inégale durée, qui correspondent aux trois formations des groupes de terrains connus avant lui sous les noms de Tertiaire inférieur, Tertiaire moyen et Tertiaire supérieur. Ce sont les périodes *Éocène* (ἕως aurore et καινὸς nouveau), *Miocène* (μεῖον moins) et *Pliocène* (πλεῖον plus).

La première et, selon toute apparence, de beaucoup la plus longue, la période éocène est caractérisée par ses nombreux pachydermes, dont les intéressants débris ont été retrouvés en si grand nombre dans le sous-sol du bassin parisien. Citons entre autres : le *Palæotherium* qui, par ses formes lourdes, sa tête énorme, ses jambes courtes et massives, se rapprochait du rhinocéros actuel ; l'*Anoplotherium* dont l'espèce la plus commune devait avoir quelque ressemblance avec notre âne ; le *Xiphodon*, gracieux animal, voisin du chamois et sans doute non moins léger que lui ; le *Chœropotamus*, dont le nom (χοῖρος, ποταμὸς, cochon de fleuve) fait suffisamment connaître la nature et les mœurs ; le

(1) Pour la coïncidence des *jours* bibliques avec les époques de la géologie, voir *Géologie et Révélation*, p. 395, 462 et suiv. (3me édition ; Haton).

Lophiodon qui rappelait à la fois le rhinocéros et le tapir ; etc....

La formation éocène est probablement de toutes les formations géologiques celle qui a été le plus étudiée. Spécialement représentée aux environs de Paris et de Londres, servant même d'emplacement à ces deux grandes capitales du monde civilisé, elle a naturellement été fouillée dans tous les sens par une légion de savants avides de contrôler les travaux de leurs prédécesseurs ou d'ajouter aux connaissances déjà acquises. Or, parmi tous les étages et sous-étages qui la constituent, parmi les innombrables débris organiques que l'on en a extraits, nul vestige de l'homme, nulle trace de son industrie, nul fragment de ses os ne nous est encore apparu. Aussi ne connaissons-nous aucun géologue qui ait poussé la prétention jusqu'à affirmer sérieusement l'existence de notre espèce en ces premiers temps de l'époque tertiaire.

Il n'en est pas de même des deux périodes suivantes, qui doivent faire spécialement et tour à tour l'objet de cette étude.

I.

L'HOMME MIOCÈNE.

Avant d'aborder l'examen des faits sur lesquels on s'appuie pour faire remonter l'homme jusqu'à la période miocène, il convient de dire un mot des conditions physiques et des êtres organisés qui la caractérisent.

La température fort élevée encore à la période précédente a considérablement baissé. Quelques géologues ont même cru retrouver les traces d'un ancien glacier qui aurait recouvert à cette époque le bassin de Paris. Quoi qu'il en soit de cette assertion qui n'a rien d'invraisemblable, mais qui ne paraît pas non plus suffisamment appuyée, il semble

du moins que les climats aient commencé alors à se dessiner franchement sur le globe. La surface terrestre avait eu avant ce temps pour principale source de chaleur les feux internes ; mais cette source va disparaître à peu près complètement par suite de l'épaississement continu de l'écorce solide ; et le soleil, jusque-là peut-être plus ou moins masqué par des nuages qui dispersaient ses rayons calorifiques et maintenaient ainsi une certaine uniformité de température à la surface de notre planète, sera seul chargé désormais d'y entretenir une chaleur suffisante pour la conservation et le développement de la vie.

Quoique plus élevée selon toute apparence qu'elle ne l'est aujourd'hui dans les mêmes contrées (1), la température de la période miocène n'était donc pas un obstacle à la présence de l'homme. « La végétation en témoigne aussi bien que la faune. Elle présente ce fait singulier que les formes végétales se rapprochent sensiblement de celles qui peuplent aujourd'hui les régions situées au-dessous des tropiques : il s'y joint des espèces propres aux régions tempérées de notre hémisphère. L'ensemble de cette flore est donc subtropical avec quelques traits tropicaux d'une part, et septentrionaux de l'autre. C'est un mélange de formes australiennes, indo-asiatiques et américaines. Il y a balance à peu près égale entre les formes tropicales et extra-tropicales : c'est un développement parallèle de deux végétations. Mais les premières appartiennent surtout aux espèces qui vivent de nos jours dans les îles basses, dans les dépressions humides des continents et à l'embouchure des fleuves. M. Heer en conclut qu'à la fin de la période miocène la température moyenne du sud et du centre de l'Europe ne dépassait pas dix-huit degrés (2). »

La faune de cette époque accuse un état de choses ana-

(1) On l'estime généralement à 18 ou 19 degrés en moyenne. L'on sait que la température moyenne actuelle n'est guère que de 10 degrés.

(2) De Lubac, *La question de l'homme tertiaire* : Revue de France, 31 déc. 1874.

logue. On peut la répartir en trois âges assez distincts d'après l'ordre chronologique *le plus probable*. Le premier et le plus ancien, qui correspond à la formation des calcaires lacustres de Beauce (1), est représenté par plusieurs genres de mammifères inconnus à l'époque précédente. Nous citerons entre autres quatre nouveaux pachydermes : le mastodonte qui fait ici sa première apparition par une espèce à dents étroites, le *Mastodon angustidens ;* l'*Acerotherium* dont Duvernoy a fait le *Rhinoceros pleuroceros*, quoiqu'il se distingue des autres espèces de ce genre par l'absence totale de corne sur le nez ; l'*Anchitherium*, mammifère dont les molaires très basses révèlent le régime herbivore ; une espèce du genre sanglier, le *Sus belsiacus*, et un rongeur encore représenté aujourd'hui, le *Lagomys*.

Nous n'avons point à décrire ces divers animaux. Disons un mot cependant du mastodonte qui apparaît ici pour la première fois et que nous retrouverons dans les étages supérieurs.

Longtemps confondu avec l'éléphant dont il partage, du reste, la structure générale et les gigantesques proportions, le mastodonte diffère cependant de ce dernier animal par quatre défenses, dont les deux supérieures sont droites et projetées en avant, en forme de lances, et par ses dents qui, au lieu d'être à couronne plate, sont hérissées de pointes ou tubercules coniques. C'est à cette disposition des dents en forme de mamelons que le mastodonte doit son nom (μαστὸς, *mamelon*, ὀδοὺς, *dent*). C'est encore à elle que nous devons de connaître son régime : cet animal se

(1) Avant le calcaire de Beauce et à la base du miocène, il faudrait, avec la plupart des géologues français et comme nous l'avons fait nous-même ailleurs, placer le grès de Fontainebleau ; mais cet étage étant entièrement étranger à la question de l'homme tertiaire, nous avons préféré n'en tenir aucun compte, suivant, du reste, en cela la classification de Lyell qui le place à la partie supérieure des terrains éocènes.

Voir pour cette subdivision du groupe miocène : d'Archiac, *Géologie et Paléontologie*, p. 629 ; Lyell, *Éléments de Géologie*, t. I ; Vézian, *Prodrome de Géologie*, t. III ; etc.

nourissait de végétaux, de tiges tendres, de feuilles et surtout de racines qu'il déterrait sans doute avec ses défenses. Une curieuse découverte est venue confirmer ces conjectures. On a trouvé dans l'estomac de l'un de ces animaux une masse à demi broyée de petites branches, de graines et de feuilles non encore digérées.

Depuis longtemps connu des indigènes de l'Amérique du Nord pour qui il constituait une créature fantastique appelée le *père des bœufs* (1), le mastodonte fut décrit pour la première fois par Buffon sous le nom d'*animal de l'Ohio*. Les bords du fleuve de ce nom et, en général, les régions septentrionales de l'Amérique semblent être en effet la véritable patrie de ce monstrueux pachyderme. Il ne manque pas cependant en Europe. On a découvert ses restes, il y a plus de deux cents ans, dans une sablonnière du Dauphiné ; ce sont eux que le médecin Mazuyer promena dans toute la France, en les donnant comme les ossements du géant *Teutobochus*. Depuis ce temps les découvertes semblables se sont multipliées. Le mastodonte, aujourd'hui parfaitement connu, a été subdivisé en plusieurs espèces dont quelques-unes, fort voisines de l'éléphant par la forme de leurs dents, ont amené certains naturalistes à ranger ces deux animaux dans un seul et même genre.

Le second âge de la période miocène est représenté par les sables et graviers de l'Orléanais. Outre de nouvelles espèces appartenant aux genres mastodonte et anchithérium précédemment cités, cette époque voit apparaître : le rhinocéros, cette fois bien caractérisé ; un viverridé du genre civette ; un rongeur, le castor ; un carnassier qui devait tenir le milieu entre le chien et l'ours, l'*Amphicyon* ; et enfin, un nouveau pachyderme, le plus puissant mammifère terrestre qui sans doute ait jamais existé, le *Dinothe-*

(1) Les sauvages Chabanais prétendent que ces animaux vécurent autrefois en compagnie d'hommes dont la taille était proportionnée à la leur ; mais les uns et les autres furent détruits par la vengeance divine.

rium. Une tête de ce dernier animal a été trouvée, en 1837, dans le grand-duché de Hesse-Darmstadt ; elle mesurait 1 mètre 30 de longueur sur 1 mètre de largeur. Deux énormes défenses, dirigées en bas comme celles du morse, ornaient la mâchoire inférieure et servaient probablement, comme celles du mastodonte, à extraire du sol les racines dont se nourrissait l'énorme pachyderme. Le dinothérium était donc herbivore, ce qui ne s'accorde guère avec l'idée de férocité qu'exprime son nom (δεῖνος, *terrible*, θηρίον, *animal*).

Le troisième et dernier âge miocène correspond à la formation des faluns de la Touraine, et de la molasse d'eau douce de la Provence et de la Suisse. Alors viennent, en même temps que de nouvelles espèces des genres dinothérium, mastodonte, rhinocéros et anchithérium déjà mentionnés, des hippopotames, des antilopes et un mammifère marin fort répandu à cette époque dans nos contrées, l'*Halitherium*. Citons comme achevant de caractériser cet étage un singe découvert par Édouard Lartet dans le célèbre gisement de Sansan, près d'Auch, le *Pliopithecus*.

Il faut encore rapporter à la partie supérieure de ce troisième étage les mammifères découverts en si grand nombre par M. Albert Gaudry à Pikermi, en Grèce, près d'Athènes, et au mont Lèberon, en Provence. Ces deux gisements, quoique fort éloignés l'un de l'autre, présentent dans l'ensemble de leur faune une analogie des plus remarquables. Véritables ossuaires des temps miocènes, ils nous ont fourni, outre les animaux précédemment cités, un grand nombre d'espèces ou de genres nouveaux constituant, pour ainsi dire, autant d'intermédiaires entre les espèces jusque-là connues. Ce sont : de nombreux *Hipparions*, animaux fort voisins du cheval, quoiqu'ils en diffèrent par l'existence de trois doigts aux pieds au lieu d'un sabot unique ; des carnassiers d'une grande taille appartenant aux genres hyène et *Machærodus ;* des sangliers en nombre considérable et fort variés ; un singe, le *Mésopithèque*, qui se rapproche du sem-

nopithèque par son crâne et du macaque par ses membres; enfin des ruminants, entre autres l'*Helladotherium*, le plus puissant des animaux de cet ordre qui aient habité l'Europe, le *Tragocère*, mammifère voisin de la chèvre et de l'antilope, et la gazelle dont 140 individus ont été découvert soit en Attique soit en Provence, quoiqu'elle manque aujourd'hui totalement en Europe.

Telle est l'intéressante population qui occupait nos contrées à l'époque miocène. M. Albert Gaudry, après l'avoir décrite, ne peut retenir un cri d'admiration. « Ces animaux, dit l'heureux explorateur de Pikermi et du Lèberon, comptent parmi les plus séduisants de la création, de sorte que non seulement ils ont donné plus de mouvement au monde animal, mais aussi ils ont contribué à l'embellir. Il est permis d'appliquer à la plupart d'entre eux ce que Brehm a dit des gazelles : *elles ont une utilité esthétique.* Qui peut en effet voir sans les admirer, et même sans les aimer, ces bêtes dont le regard est si doux, la tête si fière, les allures si vives, toutes les formes si bien proportionnées ? »

Le climat sous lequel vivait une faune si animée et si voisine de la faune actuelle ne pouvait évidemment être un obstacle à l'existence de l'homme. Disons-le, en effet, avec M. de Quatrefages : « Anatomiquement, physiologiquement, l'homme est un vrai mammifère. Dès que les mammifères ont paru et vécu à la surface du globe, l'homme a pu s'y montrer et y vivre comme eux. A ce titre, il peut dater non seulement des temps tertiaires moyens, mais même des temps éocènes ; il peut remonter plus haut encore. Mais avant d'admettre son existence pour des époques aussi reculées, il faut la démontrer par des preuves décisives (1). » Voyons donc si ces preuves existent.

La principale sans contredit, ou pour mieux dire la seule sur laquelle s'appuient la plupart des partisans de

(1) Cours du Muséum d'histoire naturelle. *Revue scientifique*, t. IX.

l'homme miocène, consiste dans les silex taillés ou prétendus tels, découverts à Thenay (Loir-et-Cher) par un géologue bien connu, M. l'abbé Bourgeois (1), qu'une mort prématurée vient d'enlever à la science. Cette découverte ayant déjà été rapportée dans cette Revue par son auteur même (2), nous n'entrerons à son sujet que dans les détails nécessaires pour juger de sa portée (3).

Dès 1863 M. l'abbé Bourgeois, rendant compte à la Société géologique d'une première fouille qu'il venait de faire exécuter dans les environs de Pontlevoy, déclarait avoir rencontré des silex taillés dans quatre couches superposées. Mais l'âge de ces couches n'était pas bien déterminé; leur épaisseur était faible; les silex pouvaient y avoir été introduits postérieurement à leur formation. On ne pouvait donc déduire légitimement de cette découverte aucune conclusion relative à l'ancienneté de l'homme.

Cependant, toujours préoccupé de ses intéressantes études et constamment à la recherche de nouveaux gisements, M. l'abbé Bourgeois découvrit à Thenay, dans une petite carrière, située au bord d'un vallon, un nombre considéra-

(1) M. de Mortillet, à qui rien n'échappe, a reproché au R. P. de Valroger (*Revue d'anthropologie*, 1875, n. 1) d'avoir enlevé à dessein à M. Bourgeois son titre d'*abbé*. Pourquoi n'a-t-il pas adressé le même reproche à M. Hamy qui, sans doute pour ne pas amoindrir aux yeux de ses lecteurs l'autorité de M. l'abbé Bourgeois et la portée de sa découverte, ne mentionne pas une seule fois sa qualité de prêtre? V. *Paléontologie humaine*, p. 39-60.

(2) Année 1877, 4me livraison.

(3) Voir sur l'homme tertiaire de Thenay : *Matériaux pour l'histoire de l'homme*, III, p. 374; IV, p. 179, 248, 425; V, p. 297; VIII, p. 14, 308; IX, p. 105. — *Bulletin de la Société géologique de France*, 1862-63, p. 535-542; 1868-69, p. 182, 901; 1869-70, p. 519. — *Revue scientifique*, VII, p. 269; XIII, p. 211, 233. — Zaborowski-Moindron, *De l'ancienneté de l'homme*, p. 103-105. — Hamy, *Paléontologie humaine*, p. 45-51. — *Revue des questions scientifiques*, 1877, II, p. 561-575. — Chabas, *Études sur l'antiquité historique*, p. 560-565; — Chabas, *Les études préhistoriques et la libre pensée devant la science*, p. 37-40. — *Comptes rendus des congrès de Paris, Bruxelles et Stockholm*, passim. — Victor Meunier, *Les ancêtres d'Adam*, p. 268-275. — *Revue des questions historiques*, avril 1876. — *Revue de France*, décembre 1875. — Marin de Carranrais. *Études sur les origines*, p. 564.

ble de silex dispersés dans toute l'épaisseur des terrains qui séparent les alluvions supérieures des couches les plus profondes du calcaire de Beauce ou miocène inférieur. Voici du reste, à partir de la surface, la série de ces terrains avec leur épaisseur et les fossiles les plus caractéristiques qu'ils renferment (1) :

1. Dépôts récents avec silex polis.

2. Alluvion quaternaire avec *Hyæna spelæa*, *Rhinoceros tichorhinus* et silex taillés. — Pas d'étage pliocène (2).

3. Faluns de la Touraine : dépôt marin avec ossements d'*Halitherium* et silex taillés ; — *miocène supérieur ;* — 1^{m} d'épaisseur.

4. Sables fluviatiles de l'Orléanais avec ossements de *Dinotherium Cuvieri*, mastodontes et silex taillés ; — *miocène moyen ;* — 3^{m} d'épaisseur.

5. Calcaire de Beauce, compact et sans silex taillés à la partie supérieure, marneux et avec silex taillés très rares et ossements d'*Acerotherium* à la partie inférieure ; — 1^{m} 75 d'épaisseur.

6. Marne avec nodules de calcaire et silex taillés. — Épaisseur : 0^{m} 80.

7. Argile jaune et verdâtre avec de nombreux silex taillés. — Épaisseur : 0^{m} 35.

8. Mélange de marne lacustre et d'argile avec quelques silex taillés. — Épaisseur : 3^{m}.

9. Argile à silex, sans silex taillés.

miocène inférieur

Telle est la série, aussi exacte que possible, des terrains

(1) Ce tableau résulte de deux coupes qui se complètent l'une l'autre. En aucun endroit on n'a constaté directement la superposition de ces différentes couches.

(2) On remarquera cette absence du pliocène. Nous nous demandons vraiment si cet étage existe quelque part nettement caractérisé, et s'il n'y aurait pas lieu de supprimer de la série des temps géologiques la période correspondante qui, là même où elle semble le mieux représentée, peut encore se confondre soit avec la période antérieure ou miocène, soit avec la suivante ou quaternaire.

longuement étudiés par M. l'abbé Bourgeois à Thenay. A tous les étages, on le voit, depuis les dépôts les plus récents jusqu'aux couches argilo-marneuses qui forment la base du miocène inférieur, des silex présentant, aux yeux de certains observateurs, les apparences d'un travail humain, ont été rencontrés. Faut-il donc conclure de là que l'homme existait en France dès le commencement de la période miocène ? M. l'abbé Bourgeois l'affirme, et c'est cette conclusion que nous voulons examiner ici.

Pour qu'elle fût fondée, il faudrait : 1° que l'âge de ces terrains fût bien établi ; 2° que l'enfouissement des silex fût réellement contemporain de la formation des couches d'où ils proviennent ; 3° qu'il fût prouvé que ces silex sont travaillés de main d'homme. Ces trois conditions sont-elles réalisées ?

La première, l'âge géologique des couches, ne semble pas avoir jamais été contestée par les géologues même les plus opposés aux conclusions que M. Bourgeois déduit de ses découvertes (1). Les terrains de Thenay sont en effet disposés en couches parfaitement distinctes et assez nettement caractérisées. On aurait pu supposer tout d'abord que ces terrains, situés dans le voisinage d'un cours d'eau, avaient été remaniés; mais leur disposition régulière, analogue à celle que l'on rencontre dans tout le pays, ne permet pas d'admettre cette supposition. Du reste, pour répondre à cette objection et se fixer lui-même sur la constitution stratigraphique du sol, M. l'abbé Bourgeois a fait creuser un puits vers le sommet de la colline voisine. Or, il y a rencontré des couches « parfaitement identiques sous tous les rapports à celles qui affleurent plus bas sur les bords du ruisseau (2). »

(1) Le R. P. de Valroger a cependant émis un doute à cet égard, en s'appuyant à tort sur d'Archiac et sur M. l'abbé Bourgeois lui-même (*Revue des questions historiques*, oct. 1874); mais il est revenu plus tard sur ce sujet pour confesser son erreur. (Même *Revue*, avril 1876).

(2) Lettre lue devant la Société géologique dans la séance du 3 mai 1869. —

Il paraît difficile, en présence d'une stratification aussi régulière, de conserver des doutes sur l'âge des terrains. Il y a là, en effet, on est obligé de le reconnaître, tous les éléments d'un terrain tertiaire, sinon miocène. Il y a d'abord, semble-t-il, l'élément stratigraphique. Compris entre les formations secondaire et quaternaire, représentées, l'une par la craie, l'autre par des alluvions avec silex, les couches du gisement de Thenay correspondent aux divers étages du groupe miocène tel qu'il a été constaté ailleurs. Il y a de plus l'élément paléontologique : les fossiles qu'on y a découverts en grand nombre accusent la période tertiaire moyenne; l'âge des faluns y est surtout nettement indiqué par la présence de l'*Halitherium* et des autres animaux qui sont censés caractériser cet étage. Enfin la composition minéralogique du sol, si faible que soit sa valeur en pareille matière, vient elle-même confirmer les données précédentes : elle est, dans son ensemble, celle des terrains rapportés par les géologues à cette période de l'histoire du globe.

Nous devons donc reconnaître que, *suivant toutes les apparences*, le gisement de Thenay est vraiment miocène ; mais pouvons-nous aller plus loin et *affirmer avec certitude* que tel est véritablement son âge? Nous ne le pensons pas ; car, dirons-nous avec d'Omalius d'Halloy, « s'il est assez facile de reconnaître des distinctions entre les divers systèmes qui composent un massif tertiaire, il est très difficile d'établir le parallélisme des systèmes qui existent dans des contrées éloignées (1). » Deux terrains séparés par des distances considérables peuvent se ressembler de tout point, surtout s'ils sont géologiquement récents, sans que pour cela ils appartiennent à une même époque (2). La

Les sables de l'Orléanais n'ont pas été rencontrés en cet endroit ; mais leur intercalation, sur d'autres points, entre le calcaire de Beauce et les faluns n'est pas contestable.

(1) *Abrégé de géologie*, 7me édition, p. 239.

(2) M. Carl Vogt va même jusqu'à dire que l'identité des fossiles de deux bassins isolés *prouve* la différence d'âge de ces terrains. Il est vrai que M. Vogt goûte fort le paradoxe.

similitude des caractères ne prouve pas l'identité d'âge; réciproquement une origine chronologiquement identique peut se traduire par des caractères divers.

Est-ce à dire qu'il soit toujours impossible de fixer l'âge relatif des divers étages du groupe tertiaire? en d'autres termes, d'établir rigoureusement le synchronisme de deux bassins ? Nullement ; car ces bassins ne sont souvent isolés qu'en apparence; des études suivies peuvent montrer le raccordement, le point de contact des couches qui les composent, et il suffit de constater ce point de contact sur l'une d'elles pour que l'âge géologique des autres couches soit légitimement déduit.

Il ne semble pas qu'un résultat aussi précis ait été obtenu à Thenay. Le caractère stratigraphique, le seul qui, entendu dans toute sa rigueur, conduise à des conclusions certaines, n'y a pas été nettement constaté. Par suite, tout en considérant comme indubitable que le gisement de ce nom appartient à l'époque tertiaire, nous conserverons quelque doute sur la partie de cette époque à laquelle on doit le rattacher. Quoiqu'il rappelle par son aspect l'étage miocène, il pourrait cependant appartenir à la période suivante ou pliocène ; il le pourrait d'autant mieux que cette période n'est représentée à Thenay par aucun autre terrain. La présence dans cette localité des espèces miocènes n'est point un obstacle à cette hypothèse ; l'on sait assez que les espèces n'ont point disparu simultanément sur toute la surface du globe après chacune des époques géologiques, et dès lors, les mêmes animaux peuvent caractériser des périodes diverses en des contrées diverses. Le géologue que préoccupe avant tout la recherche de la vérité évite toute affirmation dans ses déductions relatives au classement chronologique des subdivisions de l'étage tertiaire : en pareille matière le mieux est d'avouer son ignorance. « Toutes les synthèses générales de la chronologie terrestre sont, en grande partie, problématiques et provisoires ; les périodes qu'on y présente comme successives ont pu se prolonger en

maint endroit les unes à côté des autres, comme les périodes archéologiques de la pierre et du bronze se sont prolongées parallèlement jusqu'à nos jours. Les noms de ces périodes, employés dans des sens très divers, très ambigus et très ondoyants, produisent des illusions, des malentendus et des disputes interminables, non seulement parmi les hommes dénués d'instruction, mais parmi les savants plus avides d'apprendre que de bien expliquer ce qu'ils apprennent (1). »

La détermination précise de l'âge géologique des couches à silex de Thenay est, on le voit, à peu près impossible. Il est un point toutefois que l'on ne saurait contester et ce point a son importance dans la question présentement posée, c'est que ces couches et les silex qu'elles renferment sont antérieurs à la formation des faluns, antérieurs par suite à l'époque où la mer qui a déposé ces nouvelles strates est venue occuper le pays. Or, cela nous reporte immédiatement à une époque très reculée, bien qu'il soit tout à fait impossible d'en fixer la date.

Il n'est pas contestable, en effet, — et c'est la réponse à la seconde question que nous nous sommes posée — que les silex ne soient du même âge que les couches qui les recèlent. On a pu en douter à l'origine, alors qu'ils n'avaient encore été découverts, qu'au point d'affleurement des couches, à une faible profondeur, et pour ainsi dire à la surface du sol. Le moindre remaniement superficiel aurait suffi pour les y introduire accidentellement à une époque récente. En faisant creuser un puits sur la hauteur, M. l'abbé Bourgeois s'est proposé de répondre à cette difficulté, et, il faut le dire, le résultat a été conforme à ses prévisions. « *C'est au fond de ce puits*, écrivait-il à la Société géologique de France, *que j'ai trouvé la vérité* et la vérité la plus incontestable (2). »

(1) R. P. de Valroger, *Revue des Questions historiques*, avril 1876.
(2) *Bulletin de la société géologique*, séance du 3 mai 1869.

Au-dessous des faluns *avec coquilles et ossements*, au-dessous encore de plusieurs assises de calcaire de Beauce compact, il a rencontré, à six mètres de profondeur, « dans les petites couches marneuses ou argileuses à silex taillés, des instruments bien caractérisés parmi lesquels on peut voir, dit-il, un marteau présentant des traces de percussion très évidentes (1). »

Si nous étions en présence d'un sol tourbeux et que, d'autre part, il s'agît de quelques silex seulement, l'on pourrait croire à une introduction postérieure ; l'on sait en effet avec quelle facilité la tourbe et les terrains meubles détrempés laissent pénétrer les objets pesants déposés à leur surface. Mais au-dessus du silex se trouve ici un lit de calcaire compact qu'aucun objet n'a pu traverser ; de plus, les éclats de silex sont répandus en si grand nombre, si uniformément et sur une telle étendue dans les couches argilo-marneuses qu'il suffit de les avoir vus en place pour ne conserver aucun doute sur la parfaite authenticité de l'origine tertiaire qu'on leur attribue.

Reste la troisième question, la seule importante, on peut le dire, dans la circonstance, celle qui concerne la taille intentionnelle des silex de Thenay. Ces silex sont-ils réellement travaillés ?

M. l'abbé Bourgeois n'en doute pas. Il y distingue des haches, des grattoirs, des couteaux ou éclats, des têtes de lances, des pointes de flèches, des scies, des massues, des marteaux, etc..., mais il s'en faut que tous les archéologues, que tous les géologues surtout soient aussi affirmatifs. Quelques mots sur l'historique de la question en fourniront la preuve.

Dès 1867, M. Bourgeois soumit un certain nombre d'échantillons, des mieux caractérisés selon lui, à l'appré-

(1) Nous verrons tout à l'heure ce qu'il faut penser de ces *traces évidentes* de travail.

ciation des membres du Congrès d'archéologie préhistorique réuni alors à Paris. Sa communication fut, au rapport de M. de Mortillet, accueillie avec enthousiasme et couverte d'applaudissements (1) ; mais si bien disposé que fût le Congrès en sa faveur, ses conclusions n'en furent pas moins écartées. Quelques membres seulement, entre autres M. Hamy, virent le travail de l'homme dans les objets qui leur étaient présentés ; la plupart nièrent que la taille fût intentionnelle. Pour cette raison on refusa de les accepter parmi les produits de l'industrie humaine qui figuraient à l'Exposition universelle de la même année.

Dans les années qui suivirent plusieurs géologues se rallièrent à l'opinion de M. l'abbé Bourgeois. Cependant, en 1871, M. de Quatrefages écrivait dans le *Journal des savants* : « Les objets recueillis par le savant abbé ne se sont pas trouvés assez caractérisés pour enlever toutes les convictions. Un certain nombre de juges très compétents les ont acceptés, il est vrai, comme autant d'œuvres de l'industrie humaine; mais des autorités non moins imposantes se sont formellement prononcées en sens contraire. Pour mon compte, après avoir examiné avec grand soin ceux qui proviennent de Pontlevoy, je n'ai pu m'arrêter à aucune conclusion définitive. Bien d'autres naturalistes et en particulier M. Lartet m'ont paru partager cette indécision (2) ».

En 1872, M. l'abbé Bourgeois soumit de nouveau une collection de trente-deux échantillons au Congrès d'archéologie

(1) Pourquoi ces applaudissements ? Nous aimerions à rencontrer plus de gravité chez des représentants de la science. Si la note qui leur était communiquée avait eu pour résultat de rajeunir l'homme au lieu de le faire remonter à une prodigieuse antiquité, aurait-elle été l'objet d'une semblable manifestation? Est-ce qu'une vérité leur doit être plus agréable qu'une autre vérité ?

(2) M. de Quatrefages s'est depuis rallié à l'opinion de M. Bourgeois. Il fut de ceux qui, au Congrès de Bruxelles, en 1872, déclarèrent reconnaître l'origine humaine des grattoirs de Thenay. Il l'a déclaré de nouveau au Congrès de Stockholm en 1874.

et d'anthropologie préhistorique qui se tenait cette fois à Bruxelles. Une commission de quinze membres fut chargée de les examiner. Les avis restèrent partagés; huit membres, MM. d'Omalius, de Quatrefages, Cartailhac, Capellini, Worsaæ, Engelhardt, Valdémar Schmidt, et Franks, déclarèrent reconnaître le travail de l'homme dans quelques-uns de ces objets, spécialement dans les grattoirs. M. de Vibraye ne se joignit à eux qu'*avec réserve ;* M. Van Beneden n'osa se prononcer. Les cinq autres, MM. Desor, Steenstrup, Neirynck, Virchow et Fraas, déclarèrent ne reconnaître aucune trace de l'action humaine (1).

Cette même question avait été l'objet de communications intéressantes à la Société géologique de France. Mais là plus que partout ailleurs l'accueil a été défavorable aux conclusions de M. l'abbé Bourgeois.

Dans la séance du 2 décembre 1867, M. de Mortillet déclare adopter ces conclusions. « Pourtant, ajoute-t-il, je reconnais que les silex sont loin d'être suffisants pour convaincre tout le monde. »

Il fut le seul en effet qui se montrât convaincu. L'un des membres les plus autorisés de la Société, M. Hébert, après avoir examiné attentivement les silex, déclara de la manière la plus formelle qu'ils ne présentaient rien qui fût de nature à exiger l'intervention de la main de l'homme. De pareilles conclusions, appuyées sur des faits de cette nature, lui paraissent être un danger véritable et d'autant plus sérieux que les personnes qui se laissent entraîner sur cette pente présentent plus de garanties scientifiques.

(1) *Compte rendu du Congrès de Bruxelles*, 1872, p. 81-94. — L'un des membres qui reconnurent le travail de l'homme dans les silex de Thenay, M. Cartailhac, déclara l'année suivante au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, tenu à Lyon, qu'*il ne fallait pas a tribuer aux conclusions de la commission une importance décisive.* « Réunis quelques instants avant l'ouverture d'une séance générale, nous avons eu assez de temps, dit-il, pour voir les silex, mais pas assez pour discuter. » — Voir le *compte rendu* du Congrès de Lyon, p. 615.

Nous ne croyons pas que depuis cette époque la Société géologique ait eu à se prononcer de nouveau sur la question ; mais ses dispositions ne paraissent pas s'être modifiées. La Société aime les faits, et non les hypothèses.

M. Hamy écrivait en 1870 que les pierres de M. Bourgeois étaient « généralement mal accueillies dans les assemblées savantes (1) : » il pourrait le répéter aujourd'hui avec non moins de raison.

En dehors des sociétés savantes l'accueil qu'elles ont reçu n'a pas été plus favorable. Voici le jugement motivé qu'exprime à leur sujet un savant bien connu, M. Chabas : « Ce qu'il faut rencontrer, dit-il, pour être convaincu de la réalité des silex tertiaires intentionnellement taillés, c'est une série un peu constante d'outils bien déterminés à l'usage de l'homme. Or rien de cela ne se voit dans ceux dont parle M. l'abbé Bourgeois ; c'est le résultat négatif auquel on arrive en examinant ses collections, et même en regardant les deux planches d'objets de choix qu'il a publiées. Un seul genre d'outils s'y reproduit nombre de fois ; ce sont des fragments de silex irrégulièrement plats, de forme grossièrement triangulaire ou arrondie, portant à une de leurs extrémités une pointe très courte..... S'ils ont eu quelque emploi, ce n'a pu être que pour piquer ou percer ; mais que pouvait-on percer avec des pointes si courtes que la plupart ne suffiraient pas à traverser un cuir? J'en ai recueilli à Thenay même, dans une fouille laissée ouverte par M. de Mortillet, un spécimen qui présente bien la pointe en question, mais qui a en même temps une saillie aiguë du côté opposé, de telle manière qu'on ne pourrait saisir ce silex sans se blesser les doigts (2). »

M. Chabas revient ailleurs sur la question (3). A côté des

(1) *Précis de paléontologie humaine*, p. 48.

(2) *Étude sur l'antiquité historique*, p. 362.

(3) *Les études préhistoriques et la libre pensée devant la science ;* réponse à M. de Mortillet, p. 38.

silex de Thenay, « je puis placer, dit-il, au moins comme singularité d'éclatement par choc accidentel, un assez grand nombre de nodules ubériformes, tous munis d'un mamelon et produisant parfaitement l'apparence d'un travail d'art... Ces singuliers éclats proviennent des silex de la craie..... d'autres éclats simulent des grattoirs; cette dernière forme se produit toutes les fois que le plan d'éclatement coupe une surface arrondie, ce qui doit arriver fréquemment dans les nodules caverneux de Thenay. »

Nous avons eu l'avantage de voir dans la collection de M. Chabas, à Châlon-sur-Saône, les silex *secondaires* et par suite *très naturels* auxquels il fait allusion; or nous n'hésitons pas à dire qu'ils présentent plus de traces *apparentes* de travail, non seulement que tous les silex de Thenay, mais que beaucoup de silex quaternaires universellement considérés comme produits de l'industrie humaine.

Il nous a été donné, d'autre part, d'examiner à loisir soit à Saint-Germain, soit à Pontlevoy, les fameux silex tertiaires. M. l'abbé Bourgeois nous a mis sous les yeux sa collection avec la plus grande complaisance. Il y a joint l'expression de son sentiment bien connu dans la question. Cependant nous devons le dire, si séduisant qu'ait été son langage, si profondément scientifiques qu'aient été ses observations, il nous a été impossible de voir dans les objets informes qu'il nous présentait des marques certaines de l'action de l'homme. On ne manquera pas de récuser notre compétence (1); mais il n'est pas nécessaire, nous semble-t-il, d'avoir fait de l'étude des silex son unique profession, pour constater la différence profonde qui existe entre ceux de Thenay et les plus anciens de l'époque quaternaire, ceux

(1) En revanche, on nous permettra de le dire malgré ce que cette assertion peut avoir de paradoxal, nous nous défions de l'appréciation des spécialistes en archéologie préhistorique, précisément parce qu'ils sont spécialistes. Il est difficile aux adeptes d'une science nouvelle de se soustraire à l'espèce d'engouement qui en accompagne tout naturellement les débuts.

de Saint-Acheul par exemple. Cette différence n'échappe à personne; tous ceux qui ont visité le musée de Saint-Germain en ont été frappés. Nul rapport, nul passage entre les silex de l'une et de l'autre époque; d'un côté des formes grossières, souvent arrondies, sans nulle apparence de régularité; de l'autre, des formes symétriques, constantes, dénotant une action qui tendait manifestement vers un but. Faut-il s'étonner dès lors de l'incrédulité évidente avec laquelle la plupart des visiteurs de ce musée observent ces prétendus débris d'un art primitif? En vain M. de Mortillet, le savant mais trop systématique directeur du musée, insiste-t-il sur les retailles et sur les bulbes de percussion (1) qu'il voit dans ces silex; il faudrait, pour triompher de l'incrédulité de ses auditeurs, des arguments plus décisifs; il faudrait établir la destination de ces silex, montrer l'usage auquel ils ont pu servir, et M. de Mortillet n'a garde de le faire. Il nous parle, il est vrai, de racloirs, de disques, de grattoirs, etc.; mais ces termes sont bien vagues, ils ne répondent à aucune forme nettement déterminée, et l'on sait assez que nos modernes archéologues les appliquent à tout instrument préhistorique dont les caractères sont indécis et l'usage incertain.

On a cité dans ces derniers temps deux silex tertiaires dont la taille serait plus nettement accusée (2); il s'agit d'un racloir et d'un disque garnis tous les deux de retailles. Nous ne doutons pas que ces silex, découverts dès 1873, ne nous aient passé sous les yeux deux ans plus tard, soit à Saint-Germain, soit à Pontlevoy. Or, nous le répétons, nulle part nous n'avons trouvé cette régularité qui fait l'admiration

(1) On appelle *bulbe de percussion* une sorte de nodosité qui caractérise le point où s'est produit le choc destiné à enlever un éclat de silex. Comme il y a des chocs *naturels*, il doit évidemment y avoir aussi des éclats *naturels* qui présentent ce bulbe.

(2) *Revue scientifique*, 6 sept. 1873. — *Compte rendu du Congrès de Stockholm*, en 1874. — *Revue de France*, déc. 1875. — *Études sur les origines*, par M. Marin de Carranrais, 1877, p. 565.

de certains archéologues. Supposons cependant qu'elle existe et qu'elle accuse un acte intelligent ; il restera à démontrer que ces deux objets datent des temps tertiaires. Ceux de la période suivante ne manquent pas en effet dans le pays ; l'on en a trouvé un grand nombre à la surface du sol ; est-il donc impossible que l'on ait confondu les uns avec les autres, et présenté comme provenant d'un même gisement des silex remontant à des âges divers ? Ce genre de confusion est facile sur le flanc des collines où affleurent des couches tertiaires et quaternaires, et pour le supposer il n'est nullement nécessaire d'accuser de mauvaise foi les hommes employés par M. l'abbé Bourgeois dans ses recherches.

Après tout, ce ne sont pas quelques silex de grossière apparence trouvés parmi des centaines de milliers d'éclats certainement naturels, au sein de couches qui en sont en partie formées, qui pourront nous convaincre d'un fait aussi étrange que l'existence de l'homme miocène. Ni les retailles, ni les bulbes de percussion que l'on prétend y voir ne sont un caractère suffisant pour déterminer une conviction.

L'homme pourrait à la rigueur en être l'auteur ; mais la nature peut aussi les avoir produits, et, dès lors, il nous est impossible d'en rien conclure (1). Combien de galets de nos plages, combien d'éclats de silex de nos promenades publiques, s'ils étaient présentés comme provenant d'une couche récente de l'écorce terrestre, pourraient, eux aussi, être considérés comme des objets travaillés et induire l'archéologue en erreur ! Les exemples de semblables méprises ne manquent pas du reste ; que de fois il a fallu attribuer finalement à des causes physiques et naturelles, à l'action

(1) « Assurément l'homme a pu exister pendant l'époque miocène.... mais de là à croire que cette existence est démontrée, il y a encore fort loin. Or, jusqu'à présent on n'a pu produire que de vagues indices et aucun fait bien concluant n'est venu à l'appui de cette présomption. » — Louis Lartet et Chapelain-Duparc : *Matériaux pour l'hist. de l'homme*, année 1874, p. 106.

des glaciers et des cours d'eau, par exemple, ou encore à la morsure d'anciens carnassiers, des stries, des polissages ou des entailles que l'on n'avait cru pouvoir expliquer tout d'abord que par l'action de l'homme !

Les archéologues de nos jours, ceux du moins qui s'intitulent *préhistoriens* sont vraiment par trop affirmatifs. Ce n'est pas ainsi qu'une science se fonde. Comme l'a maintes fois observé M. Hébert, ces conclusions trop hâtées nuisent au progrès de l'archéologie qu'elles ont pour but de favoriser. Il est des hommes qui, dans tout caillou qu'ils heurtent du pied, voient un nouveau produit de l'industrie humaine. Ces débris supposés d'un art primitif sont pour eux autant d'instruments nettement caractérisés qu'ils désignent par les noms les plus divers. Mais, il est bien permis de se le demander, « tous ces prétendus fers de flèches, pointes d'épieu, haches, couteaux, grattoirs, polissoirs, plus ou moins ébréchés ou déformés, sont-ils bien toujours ce que l'on veut qu'ils soient, et l'imagination des archéologues n'a-t-elle pas vu quelquefois le passage de la main de l'homme, là où il n'y a pas autre chose qu'une fantaisie de la nature (1) ? »

Cordier exprimait une idée analogue lorsque, se promenant quelque temps avant sa mort au Jardin des plantes, il disait à un de ses collègues de l'Institut qui l'accompagnait : « Vous voyez tous ces petits éclats naturels de silex ; certainement un jour quelqu'un prétendra que ce sont des silex travaillés par l'homme. » L'illustre académicien ne s'était pas trompé. Il s'est trouvé un archéologue qui, dans le gravier avec lequel sont sablés les jardins, squares et promenades de Paris, a reconnu *une prodigieuse quantité de têtes de flèches et d'autres petites armes de très petite dimension* (2). Faut-il autre chose pour déconsidérer la science ?

(1) Jules Marion, *Revue des sociétés savantes*, 1874.

(2) Bourdran, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 21 novembre 1864. — Cfr. *Matériaux*, t. 1.

Disons-le, du reste, à l'honneur de l'archéologie, l'enthousiasme qui accueillit ses premières révélations tend à se dissiper, la réaction commence et l'appréciation saine des faits succède, quoique lentement, à l'engouement des premiers jours (1). Il est vrai que la cause de l'homme tertiaire n'a rien gagné à ce calme des esprits. Pour contrôler la découverte de M. l'abbé Bourgeois l'on a eu recours à la méthode expérimentale, la première qu'on eût dû employer, et l'application de cette méthode lui a été funeste. On prétendait que le silex qui éclate naturellement ne prend jamais de formes semblables à celles que l'on voit à Thenay. Pour en avoir le cœur net, l'un des représentants les plus autorisés de la nouvelle science, M. Alexandre Bertrand a eu l'idée de soumettre à des alternatives de température des rognons de silex provenant de Thenay même. Or il a obtenu des éclats tout à fait analogues à ceux que M. l'abbé Bourgeois nous donne comme présentant des traces incontestables de cassure intentionnelle. M. Bertrand nous a mis sous les yeux les uns et les autres et nous avons dû reconnaître avec lui qu'il y avait ressemblance complète. N'est-ce pas le dernier coup porté à l'homme miocène de Thenay ?

L'expérience du savant directeur du Musée de Saint-Germain a un autre résultat : elle nous met sur la voie de l'origine véritable des silex de Thenay. Ces silex existaient sans doute primitivement à l'état de rognons dans les terrains crayeux qui abondent dans la contrée. Pour les faire éclater, il aura suffi d'un changement quelconque de température provenant soit d'une modification climatérique, soit

(1) Dans un ouvrage récent, M. A. Gaudry, pourtant très favorablement disposé à l'égard des nouvelles doctrines, confesse ses doutes au sujet de la taille des silex de Thenay. « Ils sont enfouis, dit-il, dans une couche de silex roulés, et il me semble que si on met à côté les uns des autres un grand nombre de ces silex, peu de personnes parviendront à établir, avec une lucidité qui ne laisse aucun doute dans leur esprit, une limite entre le silex regardé comme taillé et celui qui ne l'est pas. » *Matériaux*, février 1878.

d'une oxydation naturelle si facile à comprendre au sein de couches calcaires (1), soit de mille autres causes qui ont dû intervenir à tour de rôle dans les temps géologiques. Plus tard, lorsque le pays se transforma en un lac, les eaux désagrégeant la craie lui arrachèrent ses éclats de silex qui de la sorte se trouvèrent disséminés dans les couches argilo-marneuses alors en voie de formation.

Nul ne contestera, pensons-nous, que des causes naturelles ne puissent faire éclater le silex. A ceux qui le nieraient, nous pourrions demander s'ils attribuent à l'homme les millions d'éclats qui tapissent les couches de Thenay. Évidemment ils n'iront pas jusque-là. Le nombre de ces silex, leur forme, la petitesse de leur volume, la position même qu'ils occupent, tout prouve qu'ils sont le produit d'une action naturelle. Or, si telle est l'origine de la plupart, à quel titre attribuerait-on à quelques-uns le privilège d'avoir été fabriqués par l'homme ? N'est-il pas infiniment plus rationnel d'attribuer aux seules forces physiques et chimiques, à un brisement naturel, à un choc accidentel, ces formes grossières, indignes d'une intelligence humaine, dans lesquelles l'œil complaisant de certains archéologues voit une œuvre d'art ?

Que des changements plus ou moins brusques de température puissent produire des éclats de silex, c'est un fait trop bien établi pour qu'il soit permis d'en douter encore. Ce que M. Al. Bertrand a réalisé artificiellement dans l'expérience que nous avons rapportée, la nature le répète tous les jours. « On a constaté, dit M. Alphonse Favre,

(1) C'est sans doute à un échauffement résultant d'une action chimique de cette nature, qu'il faut attribuer les traces de feu que l'on a cru remarquer sur quelques silex. Nous n'insistons pas davantage sur ce fait, parce que, de l'avis des partisans de l'homme tertiaire, ces traces de feu, fussent-elles parfaitement authentiques, ne prouvent nullement une action humaine. Le feu existait sur la terre bien avant l'homme. Les volcans, la foudre, les combinaisons et décompositions chimiques qui s'opèrent spontanément dans certaines conditions, en sont une source constante et naturelle.

que des silex exposés à de certaines influences atmosphériques, éclatent en lames tranchantes dont quelques-unes pourraient bien ressembler à ce qu'on prend pour des silex mal taillés. En effet, dans le voyage que MM. Desor et Escher de la Linth ont fait au Sahara, ils ont remarqué dans le désert de Mourad ou des Ziban, un grand nombre de silex anguleux et tranchants et d'autres dont les fragments à peine disjoints étaient encore en présence les uns des autres. M. Escher a supposé que ces silex se divisaient sous l'influence du soleil, lequel produisait la cristallisation souvent répétée des sels dont le sol est imprégné et qui peut-être s'infiltrent dans les fissures capillaires de la pierre (1). »

Ce brisement naturel du silex sous la seule action du soleil n'est pas une pure supposition. M. Fraas raconte que, voyageant en Égypte, il a vu le phénomène se produire. Peu de temps après le lever du soleil, un éclat de silex se détacha sous ses yeux et avec bruit d'une masse de même nature. « Déjà auparavant, dit-il, j'ai vu cent fois à terre, dans le désert, et plus tard au bord du Nil, des silex éclater en formes lisses et arrondies, et je me suis convaincu de mes yeux et de mes oreilles que l'action du soleil en était la seule cause. » Le même observateur rapporte que Livingstone et le Dr Wetzstein ont été témoins de phénomènes semblables, le premier à l'ouest du Nyassa et l'autre à l'est de Damas.

Lepsius explique de la sorte et considère par conséquent comme dus à des causes naturelles tous les éclats de silex que l'on a récemment découverts en Égypte et que l'on donne assez souvent comme les produits industriels d'une époque très reculée. « Lorsqu'on se repose silencieusement le matin dans le désert, dit-il, ou la nuit, après le coucher du soleil, on entend souvent tout autour de soi un crépitement

(1) *Revue des cours scientifiques*, 26 mars 1870.

qui ne peut provenir que de l'éclatement des galets siliceux (1). »

D'après ce même savant, les champs de silex, si communs dans l'Europe septentrionale, n'auraient pas une autre cause. Aussi les légendes du Nord parlent-elles souvent de personnages qui, en proie à de violentes colères, éclatèrent en morceaux sous la forme de fragments de silex, et il paraît que ces merveilleuses transformations se produisaient de préférence aux premiers rayons du soleil. Le soleil, en effet, ajoute Lepsius, en se concentrant sur un certain point, détermine un éclatement analogue à celui qui résulterait d'un coup appliqué sur ce même point. Il en conclut que les gisements d'éclats et de couteaux, aussi bien en Europe qu'en Égypte, sont dus à des causes naturelles, et qu'il a fallu subir l'influence d'idées préconçues pour y voir des produits artificiels.

M. Arcelin, tout en combattant ces conclusions peut-être un peu trop absolues du célèbre orientaliste allemand, admet cependant que l'action de la chaleur peut provoquer la rupture des silex. « Que le soleil les fasse éclater, dit-il, c'est ce dont il m'est impossible de douter, et *je l'ai constaté par moi-même* (2). »

En présence de témoignages aussi nombreux, il n'est pas permis de douter que les éclats de silex ne puissent avoir une origine naturelle. Il est bien certain, du reste, que ceux qui existent en si grand nombre dans les terrains secondaires, n'ont jamais passé par les mains de l'homme. L'on peut en dire autant, *à priori*, de tous ceux qui existent en couches régulières; pour leur attribuer une origine différente, il faudrait y reconnaître des traces *évidentes* d'un travail humain; or, tel n'est pas le cas, on en conviendra, pour ceux de Thenay.

(1) Cité d'après M. A. Arcelin, *L'âge de pierre et la classification préhistorique*, p. 16.

(2) *L'âge de pierre et la classification préhistorique*, p. 17.

Des considérations d'une autre nature achèvent de montrer l'invraisemblance de l'hypothèse. On a vu par notre tableau précédent que dans huit couches immédiatement superposées, répondant à huit périodes consécutives, l'on avait trouvé des éclats de silex de formes à peu près identiques. Si ces éclats sont vraiment des produits de l'industrie humaine, la conséquence à tirer de là serait que, depuis les débuts de la période miocène jusqu'à la nôtre, c'est-à-dire pendant toute une série de milliers d'années, — plus de 100 000 ans, au dire des géologues les plus modérés, — l'homme aurait vécu sur un même point du globe qu'il aurait vu tour à tour occupé par un lac, parcouru par un fleuve, envahi par la mer, et de nouveau sillonné et profondément raviné à l'époque quaternaire par de puissants cours d'eau; et pendant tout ce temps l'homme aurait fait usage des mêmes instruments de pierre taillée sans en modifier notablement la forme ! Les conditions atmosphériques auraient varié ; la faune se serait renouvelée autour de lui à différentes reprises (1); des espèces auraient disparu ; d'autres les auraient remplacées pour disparaître à leur tour; l'homme seul serait resté, et resté toujours semblable à lui-même, plongé pendant des centaines de siècles dans la plus profonde barbarie, sans le moindre progrès, sans avancer d'un pas vers la civilisation ! Les grossiers débris de son industrie naissante se compteraient par milliers, et pas une pièce de son squelette, pas un fragment de son crâne ne nous aurait été conservé ! En vérité, n'est-ce pas de la plus complète invraisemblance ?

Des archéologues contemporains l'ont senti. M. Gabriel

(1) S'il fallait en croire M. A. Gaudry (*Les enchaînements du monde animal*), la faune se serait renouvelée *huit* fois depuis la formation du calcaire de Beauce; mais nous sommes convaincus que plusieurs des faunes qu'il donne comme successives ont été contemporaines. Le savant professeur nous semble attribuer à l'élément paléontologique une valeur exagérée au point de vue de l'appréciation des temps géologiques.

de Mortillet a reconnu (1) qu'il serait *contraire aux lois de la paléontologie* que l'homme fût resté si longtemps invariable alors que tout se modifiait autour de lui. C'est pour répondre à cette difficulté, en même temps que pour appuyer son système favori de la transformation des espèces, qu'il a inventé son *précurseur de l'homme*, être imaginaire à l'industrie et à l'intelligence duquel il faudrait attribuer les silex de Thenay. Mais cette hypothèse est beaucoup plus invraisemblable encore que le fait qu'elle prétend expliquer. Une intelligence qui se révèle par la fabrication et l'usage d'instruments qu'est-elle donc, sinon la raison elle-même? Et si l'être hypothétique de M. de Mortillet était doué de raison, en quoi différait-il de l'homme?

L'on cite des tribus d'Australiens qui ne savent pas tailler le silex et qui ne possèdent ni armes ni outils (2). L'animal anthropoïde de Thenay leur était bien supérieur : il savait allumer le feu; il faisait usage d'instruments délicats, de grattoirs pour préparer les peaux dont il se revêtait, de poinçons pour les coudre (3). Avouons que si cet être n'était pas l'homme, il en avait du moins, semble-t-il, l'attribut caractéristique, la raison.

Après tout, la théorie de M. de Mortillet ne doit pas nous surprendre : elle est le complément naturel de la théorie transformiste appliquée à notre espèce. Il fallait combler l'intervalle par trop considérable qui sépare l'homme de la brute; il fallait montrer dans la faune éteinte l'être qui a servi de trait d'union entre l'un et l'autre. Sous ce rapport, il est vrai, la paléontologie n'a guère répondu à l'attente de l'école darwiniste. Les investigations les plus multipliées,

(1) Voir le compte rendu de la seconde session (Lyon, 1873) de l'*Association française pour l'avancement des sciences*.

(2) Chabas, *Les études préhistoriques et la libre pensée*, p. 41.

(3) Évidemment, nous parlons ici comme le ferait un partisan de l'homme-tertiaire; car, à notre avis, l'on peut voir tout ce que l'on veut dans ces prétendus *grattoirs* et les éclats que l'on décore du nom de *poinçons* sont incapables de percer une peau.

les recherches les plus minutieuses et les plus actives sont restées sans résultat. Le *précurseur de l'homme* est encore à trouver. Mais l'on veut qu'il existe; il le faut pour la théorie transformiste qui, dépourvue de base plus sérieuse, est réduite à vivre d'hypothèses et à s'appuyer sur des conjectures. Et c'est là ce que l'on appelle de la science expérimentale!

L'idée de M. de Mortillet n'a pas été adoptée seulement par les partisans des doctrines transformistes. Des catholiques, zélés défenseurs de l'orthodoxie chrétienne, l'ont accueillie avec faveur, quoique en la modifiant quelque peu. Ils ont vu dans les silex de Thenay l'œuvre de la brute, le produit d'un instinct animal et non d'une intelligence humaine.

En supposant ainsi, fort gratuitement, qu'il a jadis existé un être intellectuellement plus parfait que le singe et, par suite, plus rapproché de nous, ces honorables apologistes donnent la main aux transformistes les plus avancés.

D'ailleurs une intelligence qui se traduit par la fabrication d'outils, si grossiers qu'ils puissent être, ne nous semble différer aucunement de la raison. Rien dans la nature actuelle ne nous autorise à considérer l'animal comme capable de se fabriquer un instrument. Un tel phénomène serait essentiellement nouveau; il contredirait l'idée que nous nous faisons à juste titre de l'intelligence que n'accompagne pas la raison. L'art de fabriquer des armes ou des outils est, comme celui d'allumer le feu, comme le goût de la parure et du vêtement, l'un des attributs extérieurs de l'espèce humaine. Vouloir l'attribuer à la brute, ce serait bouleverser les idées communément reçues concernant les caractères distinctifs de l'humanité.

L'instinct produit, il est vrai, des œuvres beaucoup plus parfaites et plus difficiles à réaliser que ne le sont les grossiers silex de Thenay. On connait l'industrie du castor; l'on sait aussi avec quelle habileté certains oiseaux construisent leurs nids; les insectes eux-mêmes font preuve dans l'exécution de leurs œuvres d'un talent que l'homme avec

toute sa raison ne saurait déployer. Mais, pas plus que l'intelligence animale, l'instinct ne s'est jamais révélé par la fabrication d'instruments. Du reste, la perfection même de ses œuvres ne nous permet pas de lui attribuer la prétendue taille des silex tertiaires.

Les autres faits invoqués à l'appui de l'hypothèse de l'homme miocène sont, de l'aveu de tous, fort loin d'avoir l'importance du précédent. Nous citerons tout d'abord comme se rattachant de plus près à ce dernier la découverte d'entailles et d'incisions constatées par M. l'abbé Delaunay sur des ossements d'*Halitherium*, cétacé fossile qui caractérise le miocène supérieur (1). Cette découverte, si elle avait la portée que lui attribue son auteur, aurait donc pour résultat de faire remonter l'existence de l'homme au moins jusqu'à la dernière partie de la période miocène, c'est-à-dire jusqu'aux temps qui virent se déposer les faluns de nos contrées. A ce titre, elle mérite que nous entrions dans quelques détails.

M. de Mortillet la communiqua dans les termes suivants à la Société géologique en décembre 1867 :

« Pendant que M. l'abbé Bourgeois recueillait des silex taillés dans les assises du calcaire de Beauce, son collègue et ami, comme lui professeur au collège de Pontlevoy, M. l'abbé Delaunay découvrait les débris d'un squelette d'*Halitherium*, espèce de cétacé fossile, à la base des faluns de la carrière de la Barrière, commune de Chazé-le-Henry, près de Pouancé (Maine-et-Loire). Quelle ne fut pas sa surprise quand il reconnut sur deux fragments de côtes, extraits devant lui du gisement, des coupures et de profondes incisions présentant le même état de décomposition que le reste de la surface de l'os, décomposition qui tranche nettement avec les cassures fraîches ; coupures et

(1) *Matériaux pour l'hist. de l'homme*, IV, p. 180, 427. — *Bull. de la Soc. géol.*, 1867-68, p. 183. — *Revue de France*, déc. 1874, p. 826. — *Revue scientifique*, VII, p. 268. — Zaborowski-Moindron, *De l'ancienneté de l'homme*, p. 102. — Hamy, *Paléontologie humaine*, p. 57-60.

incisions sont donc anciennes. Les os gisaient à la base d'une assise parfaitement en place et non remaniée ; coupures et incisions sont donc de l'époque du dépôt de cette assise. Ce qui confirme encore davantage cette déduction, c'est que les os, au lieu d'avoir conservé leur nature première, sont entièrement pétrifiés, ce qui arrive souvent aux os de cétacés fossiles ; coupures et incisions ont dû être faites avant la pétrification ; elles sont trop profondes, trop nettes, trop fraîches pour qu'il en soit autrement (1). »

La conclusion définitive, d'après l'auteur de cette note, c'est que les entailles en question ne pouvaient être attribuées qu'à la main de l'homme; mais cette conclusion, M. de Mortillet eut quelque peine à la faire accepter au sein de la Société géologique. M. Hébert, entre autres, déclara que « les incisions que portaient les os de lamantins recueillis par M. l'abbé Delaunay dans les faluns de Touraine ne prouvaient aucunement l'existence de l'homme à cette époque. »

Cependant l'opinion générale était alors opposée à celle de M. Hébert, du moins parmi les adeptes de la chronologie préhistorique : « Tous, ou presque tous, écrivait en 1870 M. Hamy, ont accepté sans arrière-pensée les ossements, incisés cette fois, de l'*Halitherium* exhumé par M. Delaunay, à Pouancé (2). »

C'était trop se hâter. M. l'abbé Bourgeois qui, au Congrès d'archéologie préhistorique tenu à Paris en 1867, avait présenté ces objets comme attestant véritablement l'action de l'homme, déclara au Congrès de Bruxelles en 1872 qu'il se rangeait à l'opinion de M. Hébert, d'après lequel les incisions que portaient ces ossements devaient être attribuées à la morsure d'un squale contemporain de l'*Halitherium*, le *Carcharodon megalodon*. « Il est impossible, par suite, dit avec raison l'auteur d'un travail récent sur l'ancienneté de

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 1867.

(2) *Précis de paléontologie humaine*, servant d'appendice à la deuxième édition française du livre de Lyell, l'*Ancienneté de l'homme*, p. 57.

l'homme, de ne pas admettre cette opinion, malgré le bruit qu'avait fait la découverte et la déception du grand nombre de savants qui en avaient reconnu la valeur probante. La difficulté qu'il y a à distinguer les incisions faites par l'homme de cette époque si reculée, de celles produites par d'*autres* animaux, eux-mêmes souvent à peine connus, doit inspirer en face de tels faits une réserve prudente (1). »

Nous enregistrons avec soin cet aveu et nous nous en tenons à cette conclusion de deux partisans de l'homme tertiaire. Il semble, du reste, que dans ces dernières années, la découverte de M. l'abbé Delaunay ait été de plus en plus abandonnée.

Une découverte analogue à la précédente, mais qui tend à reculer davantage encore la date de l'apparition de l'homme dans nos contrées, est celle que fit en 1868 M. Bertrand, conducteur des Ponts et Chaussées dans l'Allier (2). Il s'agit

(1) Zaborowski-Moindron. *De l'ancienneté de l'homme. Résumé populaire de la préhistoire.* Pour permettre au lecteur de se faire une idée de la valeur morale de cet ouvrage, en même temps que des tendances de la nouvelle école, nous en extrairons quelques passages. « Toute religion ayant généralement pour objet une puissance surnaturelle et mystérieuse est nécessairement en contradiction avec le principe essentiel de toute science et *doit être combattue* par le naturaliste. » (p. XXI). L'auteur relève dans un ouvrage de M. Beudant une erreur scientifique et il ajoute : « Pour le cas présent il est vrai on n'aurait pas à se tromper si tout le monde à l'enseigne reconnaissait la valeur de l'ouvrage. Le livre de M. Beudant est revêtu de l'approbation d'un évêque. *Ce n'est pas flatteur pour ce savant.* » (p. 91). Ailleurs, parlant de M. Lartet et des hommages publies que mériterait sa mémoire, il dit (p. 127) : « Il est certes affligeant de songer que ces hommages ont été jusqu'ici réservés à cette *collection de malheureux*, la plupart *frappés d'idiotie* que l'on décore du nom de saints. Car tandis que les noms dont s'honore la science, ceux des saints de l'humanité, demeurent relativement inconnus, faute d'une instruction plus répandue, on entretient de somptueux édifices *pour débiter onctueusement des insanités au peuple* et l'amuser gravement de burlesques cérémonies orientales. » Plus loin nous lisons que « la tradition religieuse et l'Adam biblique sont *coulés.* » Voilà pourtant l'ouvrage que des journaux, qui se disent religieux, n'ont pas craint de recommander à leurs lecteurs. — Inutile d'ajouter que ce livre, œuvre de sectaire, fruit de la passion et de l'impiété, est, au point de vue scientifique, plein d'assertions erronées et d'interprétations fantaisistes.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 13 avril 1868. — *Bulletin de la Société géologique*, 1868. — *Matériaux*, IV, p. 141, 428; — *Comptes*

de deux fragments de mâchoire appartenant probablement, d'après M. Lartet, à l'*Acerotherium* ou *Rhinoceros pleuroceros* de Duvernoy, et portant tous les deux des entailles de 6 à 8 millimètres de profondeur et larges de 1 à 2 centimètres. Ces ossements avaient été trouvés dans une carrière de sable calcarifère appartenant au miocène inférieur et située à Billy, près de Saint-Germain-des-Fossés. D'après M. Laussedat qui communiqua cette découverte à l'Académie des sciences ainsi qu'à la Société géologique de France, les incisions, obliques à la direction de la mâchoire, étaient analogues à celles que l'on pourrait produire en frappant obliquement sur un morceau de bois avec une hache bien effilée. Elles sont évidemment très anciennes, ajoutait-il; car la minéralisation y est la même qu'à la surface de l'os.

Cependant la plupart des géologues ne semblent pas avoir partagé l'opinion de M. Laussedat relativement à la découverte qu'il signale. A la séance même de la Société géologique où les pièces furent communiquées, M. Hébert émit des doutes sur leur authenticité. Ces os, en effet, avaient été découverts par un seul ouvrier et n'avaient été remis à des naturalistes que longtemps après. Est-il donc impossible qu'on y ait pratiqué des entailles dans le but de connaître leur dureté, et qu'on ait ensuite essayé de réparer la détérioration qu'ils avaient subie ?

Et puis, en supposant que ces entailles soient bien authentiques, il resterait à se demander si elles ne peuvent être attribuées à d'autres causes qu'au travail de l'homme. M. Laussedat observe, il est vrai, qu'elles ne peuvent être dues à la dent d'un carnassier, vu que « la faune du terrain miocène inférieur ne renferme aucun animal capable de faire une pareille morsure ; » mais, pour la même raison

rendus de l'Académie des sciences, LXVI, p. 752; — *Revue scientifique*, VII, p. 269; — *Bulletin de la Société géologique*, 1867-68, p. 614; — *Cosmos*, avril 1868; — Hamy, *Paléont. hum.*, page 55-58.

il eût dû exclure également l'action de l'homme dont aucun débris ne signale non plus la présence à cette époque.

Ici, du reste, comme précédemment, nous pouvons nous en rapporter au jugement des hommes les plus favorables à la théorie de l'homme miocène :

« Les entailles de la mâchoire du rhinocéros de Billy ont-elles été produites par l'homme? dit M. de Mortillet. Je ne le crois pas. Les empreintes laissées par la scie étant faciles à reconnaître, on peut dire nettement qu'il n'y a pas trace de sciage sur cette mâchoire. Les entailles existantes sont trop larges, trop profondes et trop nettes, sur un os trop dur, pour qu'on puisse un seul instant supposer qu'elles ont été produites par une coupure opérée au moyen d'un couteau en pierre. Il ne reste donc que l'action d'un instrument frappant, l'action d'une hache, et de fait c'est à cette action seule que M. Laussedat a fait allusion. Le coup de hache est toujours plus ou moins arqué; il laisse une empreinte conchoïde. Les empreintes de Billy sont parfaitement planes; elles ne peuvent donc pas être le résultat d'un coup de hache.

» En outre le coup de hache se distingue par une surface nette et franche dans la partie suivie par la lame, abrupte et rugueuse du côté où part l'esquille. Eh bien, dans les empreintes de la mâchoire de Billy, ce dernier caractère fait tout aussi bien défaut que le premier. Ces empreintes présentent une large section très oblique, terminée par une partie beaucoup plus étroite, presque verticale, qui est aussi lisse, aussi polie que l'autre et de plus qui se trouve régulièrement arrondie. Comme on le voit, cette partie n'a aucun rapport avec le côté abrupt et rugueux du coup de hache.

» Enfin, d'une manière générale les instruments en pierre laissent de petites stries dans le sens longitudinal des entailles qu'ils produisent, tandis que dans les entailles miocènes de Billy les stries sont dans le sens transversal. Ces entailles ne sont donc pas le produit d'un

instrument manié par l'homme. Que sont-elles donc ?

» Ce sont de simples impressions géologiques. Tous les géologues savent qu'il existe dans plusieurs terrains, mais surtout dans le miocène, des cailloux qui sont profondément impressionnés. La cause de ce phénomène n'est pas encore bien connue, mais le fait a été maintes et maintes fois parfaitement constaté. Eh bien, il y a la plus grande ressemblance entre l'impression de certains cailloux et les entailles de la mâchoire de Billy. Du reste, en examinant avec soin le plus long de ces os, on remarque à l'extrémité une petite impression produite par écrasement. Il n'y a pas eu enlèvement de matière, mais simplement impression. Cette impression qui a le même aspect que les autres leur est contemporaine et sert à les expliquer (1). »

L'opinion de M. de Mortillet relative aux entailles de Billy, a aujourd'hui complètement prévalu. M. de Quatrefages ne faisait que la reproduire, lorsqu'il écrivait en 1871 : « M. Laussedat avait regardé comme des incisions faites par un instrument tranchant les entailles profondes que présentaient les fragments d'une mâchoire de rhinocéros miocène. Un examen plus attentif fit reconnaître le peu de fondement de cette interprétation. Les prétendues incisions se trouvaient n'être que des impressions géologiques telles qu'on en rencontre même sur des cailloux de la plus grande dureté (2). »

Les trois faits que nous venons de rapporter, silex de Thenay, ossements entaillés de Pouancé et de Billy, sont les plus fréquemment invoqués à l'appui de la théorie de l'homme miocène. L'on a vu qu'aucun des trois ne peut servir de base solide à cette théorie. Il est quelques autres découvertes, cependant, qui ont trait au même objet : nous en dirons un mot afin de ne laisser de côté aucun des arguments que les partisans de la haute antiquité de

(1) *Matériaux pour l'hist de l'homme*, t. IV, p. 144.
(2) *Journal des savants*, 1871.

l'homme pourraient alléguer en faveur de leur thèse.

On a dit que les ossements de mammifères découverts en si grand nombre par M. Albert Gaudry dans le fameux gisement miocène de Pikermi, en Grèce, accusaient l'existence de l'homme à cette époque (1). M. le baron de Ducker, appelé en 1872 par le gouvernement hellénique pour l'affaire du Laurium, crut en effet remarquer que ces ossements portaient les traces d'une cassure intentionnelle. Il fit part à M. Albert Gaudry lui-même de ses impressions à cet égard. « En examinant la collection d'ossements de Pikermi qui se trouve dans le musée d'Athènes, lui écrit-il à la date du 4 mars 1872, j'ai reconnu que ces ossements sont pour la plupart des restes de repas de l'homme. La manière dont la plupart des ossements sont brisés m'a suggéré cette idée et, en les regardant de près, j'ai trouvé beaucoup de traces distinctes de la main de l'homme, c'est-à-dire des traces de coups de pierre. Il y a ici des centaines de débris de mâchoires inférieures d'hipparions, d'antilopes, etc., qui sont les résultats d'une cassure systématique... On y voit presque autant de restes de mâchoires supérieures détachées des crânes de la même manière (2). »

M. de Ducker annonce de plus avoir trouvé, sur l'emplacement même des fouilles, des ossements qui portaient des traces bien visibles de coups de pierre. « D'après tout cela, conclut-il, *je ne doute plus* que les ossements de Pikermi aient passé pour la plupart entre les mains des hommes. »

Cependant il avoue qu'il a vainement cherché des traces de feu, d'outil et de poterie. « Je pensais, ajoute-t-il, qu'on devait trouver les pierres avec lesquelles ces ossements ont été cassés; mais personne n'en a connaissance. »

Cet aveu nous semble ébranler considérablement ses as-

(1) *Matériaux*, XI, p. 68. — *Revue scientif.*, IX, p. 954. — *Bull. de la Soc. géol.* 18 mars 1872.

(2) *Bulletin de la Société géologique*, séance du 18 mars 1872.

sertions précédentes. Nous ne saurions mieux faire, du reste, pour montrer combien ces assertions sont dépourvues de tout fondement, que de reproduire en entier les réflexions dont M. Albert Gaudry fit suivre la lecture de cette lettre à la Société géologique :

« Je suis heureux d'apprendre, dit le célèbre paléontologiste, que notre savant confrère, M. le baron de Ducker, visite le Laurium ; car, se trouvant à proximité de Pikermi, il pourra compléter et rectifier mes observations. Toutefois il m'est difficile d'être d'accord avec lui en ce qui concerne les indices de l'action de l'homme sur les os de Pikermi. Après avoir lu sa lettre j'ai soumis à un nouvel examen les pièces de ma collection. Les mâchoires d'hipparions sont parfois brisées au-dessus des alvéoles des dents, ainsi que le remarque M. de Ducker ; mais ces cassures ne semblent pas avoir été faites par l'homme ; elles ont lieu le long du canal dentaire, dans la partie où les mâchoires, ayant moins de résistance, ont dû se rompre plus facilement. On voit des enfoncements sur un grand nombre d'os ; je ne crois pas qu'ils aient été produits intentionnellement ; quelques-uns ont été le résultat de la pression des os qui étaient très enchevêtrés les uns dans les autres ; *la plupart proviennent des coups de pioche de mes ouvriers*. M. Lartet qui était exercé à reconnaître sur les os fossiles des traces de l'action de l'homme a examiné les échantillons de Pikermi sans rien découvrir qui décelât des vestiges humains. Les gisements de Baltavar en Hongrie, de Concud en Espagne, sont à peu près du même âge que Pikermi ; je ne crois pas qu'on y ait rencontré des indices de travail. Le gisement du mont Lèberon, auprès de Cucuron, est également contemporain de Pikermi. Je viens d'y faire des fouilles ; j'en ai rapporté environ 1200 os sur lesquels je n'observe aucune trace humaine. Ainsi jusqu'à présent, je ne connais pas de preuve matérielle établissant que l'homme a vécu à la fin de l'époque miocène, c'est-à-dire dans le temps où les eaux des mers faluniennes s'étaient en grande partie écoulées vers

les océans et où le continent européen agrandi voyait s'épanouir la majestueuse faune dont les restes sont enfouis en Grèce, en Hongrie, en Provence et jusqu'en Espagne. »

Ainsi, les cassures et enfoncements constatés sur les os de Pikermi et donnés comme une preuve de l'existence de l'homme à l'époque miocène s'expliquent tout simplement par les coups de pioche des ouvriers de M. Gaudry! Nous aurons l'occasion de signaler d'autres méprises du même genre.

Il n'est pas jusqu'aux ossements de Sansan (Gers) sur lesquels on n'ait prétendu découvrir des traces de la main de l'homme. Deux célèbres explorateurs des grottes du midi de la France, MM. Garrigou et Filhol, avaient cru remarquer dans leur mode de cassure une action intentionnelle. Faisant allusion à ce fait, ils écrivaient dès 1864 : « Nous avons des pièces suffisantes pour nous permettre de supposer que la contemporanéité de l'homme et des mammifères miocènes est démontrée. »

Cependant M. Lartet a toujours nié l'existence d'aucune trace d'action humaine sur les os par lui découverts à Sansan et le silence des deux explorateurs méridionaux en face de cette dénégation si formelle montre bien qu'ils n'étaient pas eux-mêmes parfaitement convaincus de la vérité de leur assertion. La cassure des os de Sansan s'explique tout naturellement, du reste, d'après M. Paul Gervais, par la pression de l'assise marneuse dans laquelle ils gisent entremêlés et confondus. Aussi ce nouvel argument en faveur de l'homme miocène ne semble-t-il pas avoir été pris au sérieux par les archéologues.

Nous en dirons autant d'une découverte qui aurait eu lieu en 1872 dans le comté de Suffolk (Angleterre) et consisterait en des perforations pratiquées dans des dents de *Carcharodon*. Cette découverte ne paraît pas avoir été confirmée. En supposant, du reste, qu'elle fût réelle, il y aurait à se demander si les perforations ne sont point l'œuvre de certains mollusques.

Signalons, pour être complet, une découverte que sir John Lubbock annonçait en 1873 dans les termes suivants (1) :

« Un Anglais, M. Frank Calvert vient de faire, près des Dardanelles, une découverte qu'il considère comme la preuve de l'existence de l'homme sur la terre pendant la période miocène. Déjà M. Calvert avait trouvé des os et des coquillages dans les terrains en question. Enfin il a trouvé un fragment d'os appartenant *probablement* à un dinothérium ou à un mastodonte. Sur la partie convexe est gravée l'image d'un quadrupède à cornes dont le cou est arqué, le corps long, les jambes de devant droites et les pieds larges. On y trouve aussi la trace de sept ou huit autres dessins, mais qui sont presque effacés. Il a découvert dans la même strate un éclat de silex taillé et plusieurs os brisés comme pour en extraire la moelle. Ces objets prouvent non seulement que l'homme existait pendant la période miocène, mais aussi qu'il avait déjà fait quelques progrès sous le rapport de l'art. »

Avant d'accepter ces conclusions du savant anglais, il y aurait bien des questions à résoudre. Les ossements découverts appartiennent-ils réellement à des espèces miocènes ? Est-il même bien sûr qu'ils soient ceux d'espèces éteintes ? Connaît-on d'une façon certaine l'âge des terrains qui les renferment ? Ces terrains n'ont-ils pas été remaniés ?

Il est en effet un principe qui a été formulé par M. A. Gaudry et que M. l'abbé Moigno rappelle à cette occasion (2), c'est que *les quadrupèdes*, — et à plus forte raison les restes de l'industrie humaine — *ne sont pas toujours du même âge que le terrain où ils sont enfouis*.

Admettons cependant que ces ossements soient parfaitement authentiques ; les dessins qu'ils portent le sont-

(1) *Matériaux*, VIII, p. 96 ; — *Revue scientifique*, XIII, p. 572 ; — *Les Mondes*, XXX, 578.

(2) *Les Mondes*, 1873, t. XXX, p. 578.

ils également ? Avec la science nouvelle de l'anthropologie préhistorique « est née une industrie nouvelle aussi, celle des dessinateurs sur os de rennes et des fabricants de monuments préhistoriques. Dans bien des endroits on spécule sur l'ardeur des collectionneurs. Ne l'oublions pas ; s'il est difficile d'imiter un chef-d'œuvre, il ne l'est pas de simuler les essais de l'humanité dans son enfance (1). »

On voit de combien d'éclaircissements aurait besoin la découverte de M. Calvert, pour qu'elle eût l'importance qu'y attache Lubbock. C'est sans doute à cette absence de renseignements précis, qu'elle doit d'avoir été à peine remarquée (2). Il en a été question cependant au Congrès de Portland en 1873, mais ç'a été pour la nier, ou plutôt pour protester contre la conclusion qu'on en tirait. La présence d'ossements fendus longitudinalement et privés de leur moelle, a-t-on ajouté, n'est pas une preuve de l'existence de l'homme ; car on en a trouvé de semblables brisés par des bêtes fauves. En outre, quand un os a été longtemps enfoui, sa moelle disparaît et il se brise longitudinalement au plus léger choc (3).

Nous terminerons par une découverte récente dont on aurait pu également tirer parti en faveur de la théorie que nous combattons, si son auteur même ne l'avait réduite à sa juste valeur.

A la 5me session de l'Association française pour l'avancement des sciences (Clermont, 1876), M. Pomel, sénateur d'Oran, soumit à la section d'anthropologie un fémur de rhinocéros fossile présentant des rayures transversales, parallèles et régulières. Si ces marques étaient l'œuvre de l'homme, dit M. Pomel, « elles feraient remonter son exis-

(1) M. Chabouillet, *Revue des Sociétés savantes*, 1874.

(2) Il faut dire aussi qu'en attribuant à l'homme miocène une industrie plus avancée peut-être que celle de la pierre polie, elle déconcerterait les théories de l'école évolutionniste et cette circonstance a pu contribuer à la faire rejeter.

(3) *Revue scientifique*, 1874.

tence à une époque *bien plus reculée* que celle qu'indiqueraient les observations recueillies par M. l'abbé Bourgeois.» C'est une erreur ; car du propre aveu de M. Pomel, cet os, trouvé à Garniat, provient « du calcaire lacustre faisant partie de la formation miocène inférieure à l'*anthracotherium magnum*. » Il serait du même âge sinon moins ancien que les silex de M. l'abbé Bourgeois qui proviennent de la base même de cet étage.

Quoi qu'il en soit, M. Pomel ne croit pas que les stries en question soient une œuvre humaine, parce qu'il ne voit pas « quel aurait été le but de ce travail intelligent ni avec quel instrument il aurait pu être fait. » Il lui semble probable qu'il est le fait de quelque animal, inconnu, il est vrai.

M. de Mortillet ne partage pas en cela l'opinion de son collègue. Pour lui ces entailles sont le résultat « d'une action mécanique produite par un simple phénomène physique. » Mais tous deux sont d'accord sur ce point que l'homme n'est pour rien dans leur origine (1).

Nous avons rapporté fidèlement tous les faits invoqués jusqu'ici pour reporter jusqu'aux temps miocènes la date de l'apparition de l'homme en nos contrées. Le lecteur a maintenant sous les yeux les pièces du procès. A lui de juger.

Il est évident que les faits favorables à cette haute antiquité se réduisent à bien peu de chose. Cette pénurie de faits n'est-elle pas la preuve de la thèse opposée ? Preuve toute négative, il est vrai, mais qui n'en est pas moins frappante lorsque l'on songe aux longues investigations dont les divers étages miocènes ont été l'objet et au nombre prodigieux de débris organisés qui en ont été extraits. C'est par milliers que l'on compte les ossements retirés des gisements de Pikermi et du mont Lèberon par M. A. Gaudry. Ceux que Lartet a extraits de Sansan, ceux qui ont été exhumés

(1) Voir le compte rendu du Congrès de Clermont 1876.

des faluns de la Touraine et des autres provinces ne sont pas en moins grand nombre. N'est-ce pas un fait des plus remarquables que nulle part l'on n'a découvert la moindre parcelle d'un ossement humain ?

N'est-il pas d'ailleurs contre toute vraisemblance que l'homme ait vécu à une époque où la plupart de nos grands mammifères n'avaient pas encore fait leur apparition ? Il paraît convenir, en effet, que lui, l'être le plus parfait de la création, celui qui en devait être le couronnement et le roi, ait apparu après tous les autres. Quelle que soit l'idée que l'on se fasse de l'origine des espèces, qu'elles procèdent par évolution, selon le système de Darwin, ou qu'elles émanent directement d'une volonté créatrice selon l'ancienne théorie, la seule vraie selon nous, l'on doit dans tous les cas, semble-t-il, admettre que dans un sens général, les plus parfaites d'entre elles sont venues en dernier lieu. C'est l'ordre que nous révèle la géologie ; c'est aussi celui qui a toujours été communément admis. Pour aller contre des traditions ou des doctrines aussi universelles, il faudrait des faits plus sérieux que ceux que l'on nous oppose. Il est possible que l'avenir nous réserve des découvertes plus significatives ; en attendant, vu l'état actuel de nos connaissances, il nous semblerait téméraire, et pour le moins prématuré, d'adhérer à la théorie de l'homme miocène.

L'existence de l'homme dans les temps pliocènes est-elle mieux établie ? C'est ce que nous aurons à voir dans un prochain article.

L'abbé Hamard
Prêtre de l'Oratoire de Rennes.

LES NATURALISTES PHILOSOPHES.

TROISIÈME ARTICLE (1).

HERBERT SPENCER.

Herbert Spencer peut être considéré comme le chef de l'École positiviste moderne. A des connaissances économiques très étendues, il joint une érudition scientifique et philosophique beaucoup plus sérieuse que la plupart des naturalistes contemporains, sans doute parce qu'il a su s'inspirer des traditions de l'École écossaise qui faisait à l'observation et à l'expérience une si large part dans le domaine des sciences philosophiques.

Nous retrouvons chez Herbert Spencer, le précurseur de Darwin en Angleterre, le minutieux esprit d'observation et le génie des patientes analyses unis à des facultés d'imagination et de généralisation très remarquables; l'art de grouper et de classer systématiquement les faits les plus insignifiants en apparence, d'établir entre eux des rapports imprévus et d'en tirer des théories toujours ingénieuses, sinon tou-

(1) Voir janvier et avril 1878.

jours vraies, sur l'évolution et la constitution de la *matière*, de la *vie* et de la *société* (1).

C'est ainsi qu'il a parcouru depuis vingt ans le domaine des sciences physiques, biologiques, psychologiques et sociales, en imprimant à chacun des sujets qu'il abordait un cachet d'originalité et d'apparente précision, parfois si saisissant qu'il a rallié autour de lui les représentants les plus indépendants de l'École positiviste.

Cependant des critiques sévères ont traité ses ouvrages de romans, à cause des enchaînements d'hypothèses scientifiques qui forment la trame de plusieurs chapitres. Ce sont en effet des romans, mais des romans anglais, pleins d'observations ingénieuses, de descriptions fines et précises, de vues originales, qui découvrent des horizons souvent trompeurs, mais toujours nouveaux.

Herbert Spencer a le premier donné la formule complète de la doctrine moderne de l'évolution naturelle, fondée sur les révélations des sciences physiques.

Plus économiste que naturaliste à ses débuts, il fut le véritable créateur de la doctrine de la sélection naturelle par la concurrence vitale. Darwin n'a fait que tirer de ce principe son explication de la transformation des espèces. Depuis lors, tous les travaux publiés par Herbert Spencer dans l'ordre scientifique et philosophique portent l'empreinte de ses premières études, ce qui contribue pour une large part à leur originalité. Le volumineux ouvrage intitulé *Premiers principes* dans lequel l'auteur a développé pour la première fois sa doctrine évolutionniste en partant du principe scientifique de la conservation de l'énergie, et du principe économique de la division du travail, forme la base de son œuvre, qui consiste à rechercher dans les lois nécessaires de la matière la cause de l'évo-

(1) *Premiers principes. — Principes de biologie. — Principes de psychologie. — Introduction à la science sociale. — Éléments de science sociale. — L'éducation physique, intellectuelle et morale.*

lution de l'univers et du progrès organique et social.

Dès les premières pages du livre, l'auteur détermine nettement son but qui est de rechercher comment l'ordre et l'harmonie du monde ont pu sortir du chaos, sans intervention surnaturelle, par les seules forces de la matière ; comment en d'autres termes, et pour adopter la terminologie un peu pédante qu'il affectionne, la matière s'intègre nécessairement en passant de l'homogénéité à l'hétérogénéité, de l'indéfini au défini, de l'incohérent au cohérent ; comment l'évolution des individus et des sociétés se constitue, comme celle de la matière, par le passage de l'état homogène indéfini à un état hétérogène défini. En un mot, cette formule générale est à ses yeux l'invariable expression de la loi du progrès dans tous les ordres, physiques, biologiques, psychologiques et sociaux.

Cependant il n'hésite pas à reconnaître, avec une franchise qui l'honore, l'horizon borné de son système. « Mes inductions, dit-il, valent non pour la genèse des choses en soi ; mais pour leur genèse telle qu'elle se manifeste à la conscience humaine. Après tout ce qui a été dit, le mystère dernier demeure ce qu'il était exactement. Nous avons beau réussir à ramener l'équation à ses termes les plus simples, nous ne sommes pas plus capables pour cela d'en dégager l'inconnue. La science conduit l'esprit à reconnaître de plus en plus que l'univers est un problème insoluble, le commencement, la fin, et l'essence des choses lui échappent ; elle donne ainsi à la religion une base plus ferme en lui assignant pour domaine l'Inconnaissable, et la rend meilleure en détruisant peu à peu les superstitions. »

Il est prudent de ne pas attacher à ces protestations de foi plus de valeur qu'à celles de M. Huxley. En effet, quand Herbert Spencer identifie l'inconnaissable avec la force dont le monde physique et moral ne sont que des manifestations, il frise de bien près le panthéisme.

S'il est vrai que ce qu'il appelle les forces physiques sont des modes divers de mouvement, et qu'elles se transforment indéfiniment sans que la somme d'énergie de l'univers varie, il devient possible de concevoir « comment la matière a pu passer d'une homogénéité indéfinie et incohérente à une hétérogénéité définie et cohérente. En effet, les diverses parties d'un agrégat sont diversement modifiées par une force incidente et, par suite des réactions des parties qui subissent ces modifications, la force elle-même doit se diviser en fractions modifiées différemment. Il s'ensuit que chaque division différenciée de l'agrégat devient un centre d'où une division différenciée de la force originelle est de nouveau diffusée. Enfin, puisque des forces dissemblables doivent produire des résultats différents, chacune de ces forces différenciées doit produire dans tout l'agrégat une nouvelle série de différenciations (1). »

Voilà pour lui le point de départ et la cause de l'évolution de l'univers. La loi qui démontre l'instabilité de l'homogène se résume à dire que toute force active produit plusieurs effets différents; formule claire et simple pour des ignorants, mais risible pour des mathématiciens habitués à ne pas se payer de mots et qui ne voient dans ces élucubrations que de la mécanique *travestie*. Partant de là, l'auteur explique comme suit l'évolution du cosmos. « En se précipitant vers divers centres de gravité, les masses de matière causent inévitablement une rotation générale dont la vitesse augmente en raison de la condensation. Ainsi le système solaire primitivement homogène pour la forme, la densité, la température etc., s'est différencié peu à peu à mesure que les progrès de la condensation engendraient la division de la nébuleuse, les combinaisons chimiques, les dégagements de chaleur, de lumière et d'électricité.

(1) *Premiers principes*, § 156.

» Ainsi les changements ignés de la terre proviennent de la précipitation de la matière cosmique vers son centre de gravité, comme les changements aqueux (circulation océanique et fluviatile, pluie, époque glaciaire etc.) résultent de la précipitation de la matière solaire; en effet, le rayonnement du soleil, source principale de l'énergie terrestre, moteur de l'eau, de l'air, des plantes et des animaux, paraît devoir être attribué uniquement aujourd'hui à la condensation » (1).

Enfin l'évolution vitale se réduit, elle aussi, en dernière analyse à une condensation de matière, concomitante avec une dissipation de mouvement; le règne végétal étant chargé principalement d'accumuler l'énergie que dépense le règne animal. « Ce sont les transformations matérielles de forme et de mouvement qui engendrent les transformations fonctionnelles; l'évolution des individus est constituée comme l'évolution des espèces par le passage d'un état homogène à un état hétérogène » (2).

L'être vivant sort de l'embryon par une série de différenciations successives, et la paléontologie démontre que la division du travail s'est manifestée aussi dans l'évolution de l'espèce par la multiplication et la complication des organes et de leurs activités fonctionnelles.

La loi du progrès s'exerce donc dans le temps et dans l'espace d'une manière identique, et la science, « qui a pour objet la coexistence et la séquence des phénomènes, » doit s'attacher à suivre pas à pas, dans toutes les directions possibles, cette intégration continue de la matière qui produit le passage de l'incohérence à la cohérence.

H. Spencer s'efforce de montrer par des comparaisons tirées de l'économie politique les procédés et les lois de l'évolution vitale. « Parfois on entend sous le nom de progrès la simple croissance ; ainsi quand il s'agit d'une

(1) *Premiers principes*, § 156.
(2) *Ibid.*

nation, du nombre de ses membres et du territoire sur lequel elle s'est étendue : exemple de la loi d'intégration.

» Quand les voies de communication deviennent bonnes et nombreuses, les divers districts arrivent à se vouer à des fonctions diverses, et ainsi à dépendre les uns des autres : exemple de la loi de passage de la cohérence à l'incohérence.

» La fabrication du calicot, du drap, des soieries, des dentelles se concentre dans tel ou tel comté; celle de la coutellerie, de la quincaillerie etc., dans telle ou telle ville; enfin chaque localité se distingue plus ou moins du reste par un travail qui en devient la grande affaire : exemple de la loi de passage de l'indéfini au défini, de l'intégration et de la ségrégation. »

Les lois de la modification organique dans l'évolution de l'espèce trouvent dans les lois de l'économie politique une interprétation non moins ingénieuse. C'est ici que, selon H. Spencer, l'étude des opérations sociales jette la plus vive lumière sur les opérations vitales, parce qu'il y a dans les sociétés une dépendance mutuelle de fonctions, semblable à celle qui existe dans les organismes, et *une réaction essentiellement semblable des fonctions sur les structures.*

Pourquoi un organe exercé un peu au delà de ses besoins se met-il à croître, et se trouve-t-il en état d'opposer à un accroissement de demande un accroissement d'offre? « Nous savons, dit H. Spencer (1), que nécessairement les changements rythmiques produits par des actions antagonistes ne sauraient être portés à l'excès dans une direction sans qu'il se produise un excès équivalent dans la direction opposée; c'est un corollaire de la persistance de l'énergie que nulle déviation, effectuée par une cause perturbatrice agissant sur quelques membres d'un système en équilibre mobile doit (à moins qu'elle ne détruise l'équili-

(1) *Premiers principes*, § 85.

bre mobile) être suivie d'une déviation compensatrice. »

Ce qui équivaut à dire que l'action égale la réaction, et que tout agrégat en état d'équilibre mobile doit, sous l'action d'une ou de plusieurs forces incidentes, ou bien se détruire complètement, ou reprendre un nouvel équilibre mobile de manière à rétablir, dans un organisme par exemple, l'ajustement des propriétés et des conditions.

L'équilibration entre les fonctions d'un organisme et les actions de son milieu est *directe* ou *indirecte*, « suivant que la nouvelle force incidente suscite immédiatement quelque force antagoniste, ou se trouve contrebalancée par quelque changement de fonction et de structure produit d'une autre manière. »

L'équilibration directe s'appelle l'*adaptation* qui fait que les changements de *fonction* engendrent les changements de structure transmis et fixés par l'hérédité. Ainsi H. Spencer s'imagine expliquer en termes de mécanique, en se fondant sur les principes de la thermodynamique, la survivance des plus aptes, que Darwin a appelée la *sélection naturelle*.

« L'équilibre mobile sera détruit partout où il ne pourra opposer à la nouvelle force incidente qu'une force inférieure. Par la destruction continuelle des individus qui sont le moins capables de conserver leur équilibre en présence de cette nouvelle force incidente, il doit enfin se produire un type modifié, *complètement* en équilibre avec les nouvelles conditions (1). »

L'auteur part de cette *hypothèse* ingénieuse pour étudier en détail les causes *probables* de la morphologie des organismes existants ou détruits, avec un grand luxe de détails empruntés à l'astronomie, à la paléontologie, à l'embryologie, à l'anatomie comparée et à la pathologie. Les *Principes de biologie* accusent incontestablement une très grande érudition scientifique, surtout en ce qui con-

(1) *Principes de biologie*, t. I, c 10.

cerne les sciences naturelles ; en matière de mécanique et en thermodynamique, la terminologie vague et parfois inexacte du savant anglais permet de croire qu'il en est absolument au point où se trouvent beaucoup de savants modernes qui ne sont pas mathématiciens. Ils s'imaginent comprendre clairement ce qu'ils ne font en réalité qu'entrevoir très imparfaitement.

Les redistributions continuelles de matière et de mouvement qui constituent l'évolution des structures et des fonctions supposent une grande mobilité des unités à redistribuer. C'est le cas pour les trois corps gazeux qui, en se greffant sur le carbone, constituent les matériaux des corps organisés. Au point de vue chimique, les éléments de la matière organique n'offrent, en exceptant l'oxygène, que des affinités très faibles ; ainsi le carbone, l'hydrogène et l'azote sont inertes aux températures ordinaires, et les édifices chimiques formés par ces unités moléculaires sont d'autant plus instables qu'ils sont plus élevés en organisation. H. Spencer conclut du principe de la conservation de l'énergie que les propriétés d'un composé sont des résultantes des propriétés de ses éléments, propriétés qui restent toutes pleinement en action, bien qu'elles se masquent mutuellement. D'où l'on peut inférer l'existence d'une relation entre la forme gazeuse de trois des quatre principaux éléments organiques et la promptitude des changements vitaux que l'on appelle *développement* et des transformations de mouvement que l'on appelle *fonctions*.

D'autre part l'on sait (1) que, toutes choses égales, les unités dissemblables sont plus facilement séparées par des forces incidentes que les unités semblables. Or, l'on constate, dans les quatre éléments dont les organismes sont presque entièrement formés, une opposition complète entre les degrés

(1) *Premiers principes*, § 163.

de mobilité physique et d'activité chimique. Par exemple, l'*azote*, qui joue le principal rôle dans les changements organiques, montre la plus grande indifférence chimique, d'où résultent les décompositions spontanées et violentes de plusieurs de ses combinaisons; l'oxygène, au contraire, possède une énergie chimique supérieure à celle de tous les autres éléments. Le carbone, qui sert de base aux édifices moléculaires organiques, nous offre, par sa résistance à la fusion et à la volatilisation aux plus hautes températures, la plus grande cohésion atomique connue, en d'autres termes, il présente la plus faible mobilité atomique ; tandis que les trois éléments gazeux jouissent d'une mobilité atomique plus grande que tous les autres éléments connus. Les composés organiques, en s'élevant dans l'échelle de la complexité, deviennent progressivement *plus inertes* et *moins stables*. Leurs éléments ont une aptitude exceptionnelle à prendre différents états, qu'on appelle *allotropisme*, et à s'unir en combinaisons multiples pour former des groupes de produits possédant des propriétés différentes, quoiqu'ils ne diffèrent que par leur mode d'agrégation. L'*isomérisme* et le *polymérisme* montrent l'aptitude des substances organiques à subir des redistributions. Cette inégale mobilité des atomes doit donner aux forces perturbatrices un pouvoir plus grand pour opérer des transformations.

Dans les séries organiques des alcools et des acides où, à une proportion fixe d'oxygène, viennent s'ajouter successivement des multiples plus élevés de carbone et d'hydrogène, on voit la mobilité moléculaire décroître, à mesure que les volumes des atomes croissent et que les poids des molécules composées augmentent; ce que démontre l'élévation croissante des degrés de fusion et d'ébullition. Dans les matières albuminoïdes, la mobilité moléculaire se trouve réduite au minimum.

Les produits de la décomposition de la matière organisée possèdent en général une plus grande mobilité moléculaire,

jointe à une plus grande stabilité chimique, tandis que les matériaux des tissus sont inertes et instables. La difficulté, contre laquelle luttent journellement les ménagères, est d'empêcher la décomposition de ces édifices en équilibre instable.

D'après les principes de la mécanique, on peut soutenir que la mobilité moléculaire d'une substance peut dépendre en partie de l'inertie de ses molécules, en partie de la pression qu'elles exercent les unes sur les autres. Appliquant aux atomes la loi mécanique qui est vraie pour les masses visibles que, puisque l'inertie et la pesanteur croissent comme les cubes des dimensions, tandis que la cohésion croît comme leurs carrés, la force de stabilité d'un corps devient relativement plus petite à mesure que son volume augmente, on pourrait soutenir que ces volumineux atomes (1) complexes, constituant la matière organique, sont mécaniquement faibles, moins capables que les atomes simples de supporter, sans s'altérer, les forces qui leur sont appliquées. Plus un atome complexe devient grand, plus les effets de la simple attraction mutuelle l'emportent sur l'attraction polaire qui détermine la cristallisation chez les atomes plus petits, de dimensions différentes. Or la sphère est la figure d'équilibre que tout agrégat d'unités tend à prendre sous l'influence de la simple attraction réciproque. L'accroissement du volume atomique qui rend les molécules moins mobiles, permet aux forces physiques d'agir sur elles plus promptement pour changer les positions relatives de leurs atomes composants et produire des réarrangements et des décompositions.

Ces données de mécanique moléculaire permettent d'entrevoir pourquoi, dans les matières cristallines, un poids atomique moins élevé est lié à un pouvoir diffusif et à une énergie chimique plus grands, tandis que les matières orga-

(1) Herbert Spencer appelle souvent *atomes* ce que la plupart des physiciens modernes appellent *molécules*.

nisées, dont les atomes sont volumineux et probablement sphériques, sont caractérisées par l'inertie et l'instabilité chimiques. Comme elles n'ont pas le pouvoir de s'unir entre elles pour former des arrangements polaires, leurs atomes restent doués d'une certaine liberté de mouvement qui les rend sensibles aux petites forces, et les agrégats qui en sont composés possèdent la plasticité nécessaire à l'organisation.

Le professeur Graham a fait voir que la matière existe toujours sous deux formes d'agrégation, la *colloïde* ou gélatiniforme et la *cristalloïde*. C'est la transformation d'une matière colloïde en matière cristalloïde dans les tissus, et particulièrement dans les muscles, qui donne naissance à l'énergie visible, au travail musculaire. Les colloïdes représentent donc l'*état dynamique* de la matière, et les cristalloïdes son *état statique*. Le colloïde est la première source de la force qui apparait dans la vie.

Les lois de la diffusion et de l'endosmose permettent d'entrevoir une explication de l'assimilation par le simple jeu des forces physico-chimiques. En effet, les composés colloïdes qui forment l'organisme ont la propriété de séparer les substances colloïdes des cristalloïdes et de se laisser traverser et décomposer par ces derniers.

Tous les tissus organiques qui ont la cellule pour base, sont formés de colloïdes solubles et insolubles mélangés, qui sont traversés par des cristalloïdes dont les uns, comme l'*oxygène*, sont des agents de décomposition, les autres, comme les *sucres* et les *graisses*, des matériaux pour la décomposition, et d'autres encore des produits de décomposition comme l'*eau*, l'*acide carbonique*, l'*urée*, la *créatine ;* etc.

« Dans la masse des colloïdes mélangés, d'une mobilité et d'un pouvoir diffusif très faibles, passent incessamment des cristalloïdes d'une grande mobilité moléculaire et d'un grand pouvoir diffusif, qui peuvent décomposer ces colloïdes complexes, et les transformer en cristalloïdes qui se diffusent aussi rapidement qu'ils se forment. »

« Ainsi, ajoute Spencer, on comprend la nécessité de la composition particulière de la matière organique. Sans cette extrême mobilité moléculaire des éléments et des composés mis en jeu dans la vie, on ne verrait pas se produire l'élimination rapide des résidus, et l'échange incessant de la matière ne pourrait subsister.

» D'autre part, sans l'union de ces éléments si mobiles en des composés immensément complexes, dont les atomes relativement vastes sont rendus immobiles par leur inertie, la fixité mécanique, qui empêche les éléments des tissus vivants de se diffuser en même temps que les résidus de la décomposition des tissus, ne pourrait se constituer. »

Ainsi, dans les substances dont les organismes sont composés, les conditions nécessaires à la redistribution si rapide de matière et de mouvement, qui constitue l'évolution, se trouvent remplies bien plus qu'il ne semble. Les redistributions de matière entraînent nécessairement partout des redistributions de mouvement, ce qui explique l'intime subordination des changements organiques et fonctionnels.

Le lecteur nous pardonnera de nous étendre si complaisamment sur les premières pages des *Principes de biologie*. Nous avons cru devoir analyser en détail le chapitre « de la matière organique, » d'abord parce qu'il permet d'apprécier la manière neuve et originale de l'auteur anglais et ensuite parce qu'il est la base de toutes les interprétations ingénieuses par lesquelles Spencer s'efforce de tirer des phénomènes de la biologie la démonstration de l'évolutionisme.

En effet, pour pénétrer les lois qui président à la transformation des organes et des fonctions, il importe avant tout de se rendre compte de la constitution et des transformations de la matière organique. C'est ce que Herbert Spencer s'attache à démontrer avec beaucoup d'art dans les premiers chapitres que nous venons de résumer.

Les chapitres suivants sont consacrés à l'étude de l'ac-

tion des forces physiques sur la matière organique et des réactions de la matière organique sur les forces.

Entre autres explications ingénieuses des phénomènes élémentaires de la vie, nous signalerons le passage où Spencer interprète, à la lumière de récentes découvertes de physique moléculaire, l'opération qui sert de base à tous les phénomènes organiques et qui établit une démarcation entre la vie végétale et la vie animale : la production par les ondulations éthérées d'arrangements moléculaires instables dont le renversement met en liberté les forces accumulées sous des formes nouvelles.

Son interprétation repose sur ce fait que les composés les plus facilement décomposables par la lumière, sont ceux où il existe un contraste marqué entre les poids atomiques des éléments et la vitesse de leurs vibrations.

L'on retrouve toujours, dans toutes les hypothèses et les théories hasardées par Spencer pour expliquer les phénomènes d'évolution organique, cette idée dominante, que la variabilité des édifices organiques croît proportionnellement à l'hétérogénéité de leurs unités moléculaires, et que, lorsqu'un équilibre est rompu, il ne saurait cesser d'y avoir des modifications jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint.

S'agit-il, par exemple, d'expliquer les phénomènes si compliqués de la génération dans l'échelle des êtres : l'agamogenèse, les générations alternantes, l'hermaphrodisme, la génération sexuelle, la régénération des organes et les curieuses lois de la restauration de l'espèce par la fécondation croisée (1) mises en lumière par Darwin, voici comment raisonne notre auteur.

Dès qu'il existe entre les unités qui composent un agrégat de légères dissemblances, la physique et la chimie démontrent toujours l'existence d'une instabilité relative. La plupart des alliages métalliques en sont la preuve, car ils

(1) Voir, dans cette Revue, notre premier article, tome III, p. 142.

se liquéfient à des températures bien plus basses que leurs composants formés d'agrégats homogènes.

Or, s'il est vrai que le mélange de deux édifices moléculaires stables engendre un édifice instable, le mélange de deux édifices *cellulaires* stables doit amener l'instabilité du produit, c'est-à-dire la *variation ;* car il doit en être des atomes complexes qui composent les organismes comme des unités simples du monde inorganique. Chez les unités de cet ordre, comme chez les unités d'un ordre plus simple, une ressemblance imparfaite doit amener un équilibre polaire imparfait et, en conséquence, une aptitude moindre à résister aux forces perturbatrices.

Les molécules d'un agrégat qui n'ont pas un arrangement équilibré tendent fatalement vers un arrangement plus stable, en vertu de la loi d'équilibre (1). Ainsi, le fer forgé cristallise lentement par la vibration qui donne à ses molécules une liberté dont elles profitent pour s'ajuster et reprendre un état d'équilibre polaire. Pendant que ces réarrangements s'opèrent, l'agrégat exerce une force coercitive sur ses unités. Ainsi un cristal en voie de formation, contraint les atomes qu'il emprunte à la solution à prendre une certaine forme, et même à refaire cette forme quand elle a été endommagée. Chaque atome obéit aux forces exercées sur lui par les autres déjà polarisés. Les diverses phases de l'évolution d'un organisme ou d'une espèce sont l'expression de l'antagonisme de ces deux forces. Tant que l'excès des forces moléculaires sur les forces antagonistes de l'agrégat existe, il y a dépense en croissance, développement et fonctions, parce que la force accumulée sous forme de tension moléculaire reste sans contrepoids. La cessation de la croissance indique l'établissement de l'équilibre relatif entre ces deux forces ; c'est ordinairement alors qu'apparaît le phénomène de la reproduction.

(1) *Premiers principes*, § 103.

Lors donc que nous voyons dans la génération alternante, par exemple chez les pucerons, la génération par sexe n'apparaître qu'après le terme de la croissance, c'est que l'état d'équilibre entre les forces productives de celle-ci et les forces antagonistes commence à s'établir. Les deux genres de cellules germinatives, dont la fusion va devenir le point de départ d'une évolution nouvelle, sont aussi dans un état voisin de l'équilibre stable; mais leur union va renverser cet équilibre dans le germe détaché, parce qu'il est formé par le mélange *d'unités physiologiques légèrement différentes détachées d'individus légèrement différents.*

Le fait d'unir un groupe d'unités provenant d'un organisme avec un groupe d'unités provenant d'un autre organisme, diminue la tendance vers l'équilibre comme dans les alliages métalliques; les unités recouvrent alors une telle liberté qu'elles redeviennent susceptibles de la redistribution qui constitue l'évolution. Voilà pourquoi les individus trop proches parents sont moins propres que d'autres à avoir des rejetons, et pourquoi le croisement des races contribue à l'amélioration de l'espèce.

L'agamogenèse, c'est-à-dire la génération sans sexes, est possible dans les organismes peu différenciés, aussi longtemps que, l'assimilation l'emportant beaucoup sur la dépense, l'équilibre stable n'est pas établi; mais dès qu'un obstacle à la croissance surgit, les unités de l'agrégat sont exposées à s'équilibrer, leur mobilité diminue, et les groupes de ces unités détachées (bourgeons) perdent la faculté de se réarranger en la forme spécifique.

L'autofécondation devient impossible dans les organismes supérieurs, et reste possible dans les organismes inférieurs parce que, chez les uns, les unités physiologiques légèrement différentes transmises par les parents sont soumises à des forces constantes qui tendent à remodeler les deux ordres d'unités suivant la même forme, tandis que chez les autres l'hétérogénéité subsiste entre les unités physiologiques; les cellules germinatives mâles et femelles,

développées dans le même individu peuvent être assez différentes pour produire par leur union des germes féconds, et plusieurs générations de descendants se fécondant eux-mêmes peuvent se succéder avant que la dissemblance des divers ordres d'unités diminue au point qu'ils ne puissent plus se féconder eux-mêmes. Les mêmes principes expliquent les résultats variables des unions entre proches parents et les phénomènes de variation dans l'espèce : les unités physiologiques varient d'autant plus dans chaque individu que les différences de condition, entraînant des différences fonctionnelles plus considérables, imposent à ces unités des différences plus tranchées.

« En résumé, dit Spencer, cette hypothèse peut expliquer tous les phénomènes et réunir par un lien commun les faits, en apparence les plus éloignés, les plus exceptionnels et les plus inconciliables. Elle acquiert une probabilité beaucoup plus forte encore si l'on considère qu'elle fait concorder les faits de *genèse*, de *variation* et d'*hérédité* avec les premiers principes. En effet, les différenciations de ces *unités* plastiques qui sont justement les atomes les plus intégrés, les plus instables et les plus hétérogènes, et leur *équilibration* que nous voyons se produire dans les agrégats qui conservent des conditions constantes, ne sont que des corollaires des principes universels qui découlent de la grande loi de la conservation de l'énergie. La condensation de la vie, le progrès de l'espèce dans les générations successives, devient une conséquence de l'incidence continue de nouvelles forces pour remplacer celles qui ne cessent d'aboutir rythmiquement à l'équilibre dans l'œuvre de la propagation de l'espèce » (1). — Voilà, certes, une hypothèse qui, malgré la phraséologie dont elle s'enveloppe, fait honneur à l'imagination de l'auteur, puisque son élasticité lui permet d'embrasser en une seule synthèse tous les faits étranges, mis en lumière par la physiologie moderne. S'il suffisait

(1) *Principes de biologie*, t. I, c. 10.

qu'une théorie, pour être vraie, se plie à l'interprétation de tous les faits, celle-ci mériterait sans nul doute d'attirer l'attention du monde savant : malheureusement Spencer ne paraît pas même s'apercevoir qu'elle pèche par la base, parce que ses premiers principes, notamment ceux de la thermodynamique, n'entraînent pas les conséquences invoquées par lui à l'appui de sa théorie. Il a fallu pour en arriver là enchevêtrer à chaque pas des hypothèses avec des éléments de mécanique, et s'appuyer ensuite sur cet échafaudage comme sur une base indiscutable qu'il a décorée lui-même du nom de *premiers principes* et qui n'est, en réalité, qu'un tissu de conjectures et de comparaisons. Il importe selon nous d'insister sur ce point capital pour ne pas être fasciné par toutes les déductions ingénieuses tirées de ces soi-disant *premiers principes* dans les ouvrages de biologie, d'économie sociale et d'éducation, publiés depuis et traduits dans toutes les langues. C'est en discutant les prémisses et en mettant en pleine lumière leur faiblesse et leur défaut de précision que les mathématiciens pourront établir facilement l'évidence du sophisme sur lequel repose l'œuvre entière du philosophe anglais.

Un des passages les plus curieux des *Principes de biologie* est le chapitre de l'adaptation, où l'auteur s'ingénie à demontrer l'identité des effets de la loi de l'offre et de la demande dans une société industrielle, et de la loi de l'évolution qui préside à la transformation d'un organe dans un être vivant.

Un organe exercé au delà de ses besoins se met à croître et se trouve bientôt en état d'opposer à un accroissement de demande un accroissement d'offre ; un excès de réparation succède à un excès d'usure, en vertu du rythme d'action et de réaction, corollaire de la loi de la conservation de l'énergie. Mais un organe ne peut s'accroître sans entraîner un changement dans la fonction de tous les autres organes dont il dépend. Un travail additionnel imposé à un muscle implique un travail additionnel imposé aux artères, aux

veines et aux lymphatiques qui amènent et qui ramènent le sang, aux centres nerveux qui excitent le muscle, bref à *tout l'organisme* qui se transforme insensiblement par la réaction inévitable des fonctions sur les *structures*. Un rythme d'action et de réaction absolument semblable se produit dans une société humaine équilibrée où une commande insolite entraîne brusquement un travail plus considérable ; les établissements s'agrandissent, les salaires augmentent, les matériaux et les ouvriers affluent. L'excès du capital et du travail fait naître bientôt de nouveaux établissements, tant pour la fabrication que pour la production de toutes les matières premières qu'elle exige, tandis que d'autres industries indépendantes disparaissent faute d'éléments ou de bras, comme des organes s'atrophient dans le corps faute d'aliment ou d'exercice. Ainsi la société ira se transformant et s'agrandissant jusqu'à ce que l'offre ou la demande faiblisse, c'est-à-dire, que les commandes cessent ou que l'un des matériaux comme le fer ou le charbon, par exemple, devienne rare ou fasse défaut; auquel cas la cité ou le pays se retrouvera dans des conditions nouvelles et tendra à retourner à son état primitif sans y parvenir jamais.

Il y a donc dans les opérations sociales une dépendance de fonctions essentiellement semblable à celle qui existe dans les organismes. « Si l'activité et la croissance en excès d'une industrie particulière ont duré assez longtemps pour faire prendre une nouvelle forme aux industries affectées directement, cette industrie retombera, si le besoin qui l'a fait naître disparaît.

» Il faut un temps énorme avant que les réactions produites par une industrie agrandie puisse causer une reconstruction de la société entière, et avant que les innombrables redistributions de capital et de travail puissent reprendre un état d'équilibre.

» Enfin ce n'est que lorsqu'un nouvel état d'équilibre est constitué que la modification adaptative peut devenir per-

manente. Il en est absolument de même pour les organismes animaux. »

Les autres chapitres des *Principes de biologie* sont consacrés à l'examen de tous les arguments invoqués par Darwin et ses disciples en faveur de la doctrine de l'évolution. Spencer attribue celle-ci à d'autres causes que Darwin ; avec Lamarck il fait jouer aux transformations lentes du milieu cosmique, attestées par la géologie, le principal rôle dans la modification des fonctions qui constitue à ses yeux le facteur principal de la transformation des organes.

On peut résumer comme suit les idées fondamentales contenues dans les derniers chapitres des *Principes de biologie*, consacrés à la défense du transformisme. L'homme primitif s'est formé sur la nature et sur lui-même des opinions qui ont besoin d'être révisées avant de correspondre passablement avec la réalité. Les notions primitives sur la structure du ciel, sur la forme de la terre, sur la nature des éléments, sur les phénomènes de la vie étaient fausses; par suite, conclut Spencer, l'hypothèse qui attribue l'existence des êtres vivants à des créations spéciales était probablement fausse comme toutes les autres explications du monde enfantées par l'imagination livrée à elle-même.

Ce n'est que dans les temps modernes que l'idée de forces générales agissant uniformément, s'est substituée à l'idée d'agents personnels agissant irrégulièrement dans la nature. Depuis lors, on a vu disparaître peu à peu de la science les théories de révolutions brusques et de formations instantanées de mondes et d'organismes, qui ont eu cours jusqu'à ce que les sciences expérimentales et les sciences d'observations reposassent sur des bases certaines.

Si les espèces sont sorties toutes faites des mains du Créateur, pourquoi, se demande Spencer, la terre est-elle peuplée d'un grand nombre d'êtres qui s'imposent les uns aux autres et à eux-mêmes tant de souffrances ? Pourquoi ce carnage universel existant, pendant de longs siècles,

avant l'apparition de l'homme ; la paléontologie prouve, en effet, que, dès les âges les plus reculés, les êtres vivants étaient, comme aujourd'hui, pourvus d'armes habilement préparées pour la destruction. Dans presque toutes les espèces, le nombre des individus, nés chaque année, est tel que la majorité périt de misère et de mort violente avant d'atteindre l'âge mûr. Dans le règne animal, plus de la moitié des espèces sont parasites, chaque espèce a ses parasites propres. L'espèce humaine en a trois douzaines au moins qui occasionnent des douleurs et peuvent entraîner la mort. Partout l'on trouve des dispositions qui assurent la prospérité d'organismes insensibles au prix du malheur d'organismes sensibles. D'autre part, l'anatomie comparée nous montre dans la série des êtres, des rudiments ou des restes d'organes qui ne servent à rien du tout, quand ils ne sont pas nuisibles.

Toutes ces anomalies, inconciliables avec la théologie dans l'hypothèse des *créations spéciales*, trouvent dans l'hypothèse de l'évolution une explication très claire. L'immense quantité de souffrance infligée à tout ce qui est sensible est la conséquence inévitable d'une adaptation encore imparfaite aux conditions d'existence. Si, dans la marche de l'opération, des organismes inférieurs se développent et font leur proie des êtres supérieurs, les maux qui en résultent ne constituent pas un mal permanent, car ils ne cessent de s'éliminer eux-mêmes ; lentement mais sûrement, l'évolution réalise une somme de bien de plus en plus grande parce qu'elle produit une adaptation de plus en plus exacte aux conditions d'existence quelles qu'elles soient, et cela, par un triage continu qui assure le progrès, c'est-à-dire la conservation et la multiplication des meilleurs aux dépens des autres éliminés constamment par la concurrence vitale.

L'évolution serait donc la loi des phénomènes qui fait sortir l'organisme le plus complexe de l'organisme le plus simple. L'étude de l'histoire prouve que les agrégats sociaux n'échappent pas plus à cette loi que les agrégats orga-

niques. On ne fait pas les constitutions, mais elles croissent et se transforment lentement ; il en est de même des langues, des arts, de l'industrie, des sciences et des théologies. Toutes sont des produits de développement et ont passé par des phases insensibles comme le corps et l'esprit d'un enfant.

Si l'on examine l'embryon de minute en minute, on ne voit aucun changement, et cependant l'anatomie démontre qu'il suffit de quelques mois pour faire sortir un homme d'une cellule unique. Est-il donc si invraisemblable qu'en un nombre inconnu de siècles une cellule ait pu donner naissance au genre humain ? La paléontologie n'est-elle pas là pour attester que les organismes actuels résultent de races antécédentes progressivement modifiées, ce que confirment d'ailleurs les phases de l'évolution des embryons, les maladies et les organes rudimentaires inutiles des parasites et des animaux supérieurs ? Est-il admissible, en présence des considérations physiologiques développées plus haut, que les organismes soient restés immuables alors que leurs conditions d'existence et par conséquent leurs *fonctions* se transformaient sans cesse, sous l'influence des changements insensibles de milieux attestés par les révélations de la géologie ?

Dans le second volume, l'auteur se livre à des considérations détaillées sur la morphologie des plantes et des animaux. Inspirées par les principes que nous avons essayé d'exposer, ces études sont, comme le reste, aussi ingénieuses que hasardées. Les nombreuses observations d'anatomie, de physiologie et d'embryologie comparées qu'il invoque à l'appui de sa thèse, présentent souvent un vif intérêt. Ainsi l'étude sur l'antagonisme de la genèse et de l'individuation renferme des considérations très neuves appuyées sur des faits artistement groupés pour entraîner la conviction, ou tout au moins pour séduire l'imagination du lecteur.

Après avoir montré que les frais d'individuation, c'est-à-

dire les dépenses de l'organisme, sont en raison inverse de la fécondité dans toute la série animale depuis le tænia jusqu'à l'homme, il s'efforce de prouver que le progrès futur de l'humanité, en augmentant les frais d'individuation par le travail intellectuel, entraînera une diminution dans la reproduction de l'espèce dont l'excès engendre aujourd'hui de si terribles luttes pour l'existence. Cette lutte pour la vie constitue, en attendant, le facteur du progrès par excellence. La pression de la population qui dépasse constamment les moyens d'existence est la cause certaine du développement matériel, intellectuel et moral de la société ; sans la compétition qu'elle établit, dit Spencer, le développement de la puissance mentale n'aurait pas lieu, car la vie ne coûterait pas tant d'efforts. Seuls, les plus intelligents, les plus industrieux, *les plus moraux* survivront. Il en résultera nécessairement un accroissement dans les frais d'individuation par l'accroissement des grands centres nerveux, qui sont susceptibles d'une plus grande usure. Déjà l'on a pu constater qu'en moyenne le cerveau d'un homme civilisé pèse 30 pour cent de plus que celui d'un sauvage (?) et l'on sait que la réflexion et l'empire sur soi nécessitent un cerveau développé. Il en résultera nécessairement une diminution de la réserve disponible pour la reproduction de l'espèce au bénéfice de la conservation de l'individu. Quand cet équilibre sera atteint, le travail du cerveau deviendra plus facile et plus puissant. La pression de la population cessera également, quand l'homme aura atteint l'équilibre entre sa structure et celle de la société, entre sa nature et celle de son milieu inorganique dont il apprend déjà à réduire les causes de destruction.

La balance entre la genèse et la mortalité, entre les forces destructives et les forces conservatrices, sera donc finalement atteinte par le fait de l'*évolution*.

Nous nous permettons de douter que cette apocalypse de la science ait quelque chance de remplacer celle de saint Jean, en dépit des spéculations scientifiques sur lesquelles

elle repose et qui sont de nature à séduire les imaginations.

Les *Principes de sociologie* publiés en dernier lieu reposent complètement sur les idées que nous venons de résumer. Dans l'analyse des phénomènes sociaux et des progrès de l'esprit humain depuis les âges préhistoriques, Spencer procède toujours par des comparaisons puisées dans le domaine de la biologie, en s'efforçant d'assimiler sans cesse la structure et l'évolution des agrégats sociaux à ceux des agrégats organiques.

C'est ainsi qu'il constate que l'*intégration* dans les sociétés se fait, comme dans les animaux, par condensation en même temps que par extension, et que la *différenciation* se précise à mesure que la complexité augmente. Toute société qui s'organise se différencie, comme les organismes, par la *division du travail*, et à mesure que les fonctions se spécialisent, que les classes se forment, la dépendance entre les hommes, comme entre les organes, devient plus étroite, ils deviennent nécessaires les uns aux autres. On peut supprimer une portion d'un animal inférieur sans nuire au reste, mais on ne saurait couper en deux un mammifère sans le tuer.

Il constate ensuite, dans la sociologie, une distinction analogue à celle qui existe en biologie entre les organes et les fonctions de relation et de nutrition.

Toute société qui s'organise se divise nécessairement en deux classes, dont l'une est chargée de pourvoir aux nécessités de la vie (femmes, esclaves, laboureurs, artisans), et dont l'autre préside aux rapports ordinairement hostiles avec les sociétés environnantes ou les puissances occultes (guerriers, prêtres). On constate, du reste, des divisions analogues dans les sociétés animales comme chez les fourmis (1).

(1) V. *Les fourmis*, de sir John Lubbock, lecture du soir à la *Royal Institution*, mars 1878.

Quand on passe de la phase agricole à la phase industrielle, la différenciation des fonctions devient plus sensible. Une troisième classe, celle des *commerçants*, apparaît, qui se charge de l'échange des produits. De même, dans les animaux supérieurs, un système circulatoire et distributif transmet aux membres externes les produits élaborés par les organes internes, produits qui passent directement de l'un à l'autre presque sans élaboration chez les animaux inférieurs.

Dans les sociétés plus avancées on observe bientôt deux systèmes régulatifs, plus ou moins indépendants l'un de l'autre, celui de la vie de relation et celui de la vie de nutrition, qui correspondent exactement aux systèmes nerveux cérébrospinal et grand sympathique. Ce dernier système qui préside aux fonctions de l'appareil alimentaire est pratiquement indépendant de l'autre chez les vertébrés supérieurs. Dans les sociétés humaines, suivant la prédominance de l'un ou de l'autre des deux systèmes régulatifs, la nation se rapproche du type *guerrier* ou du type *industriel*, c'est-à-dire du gouvernement absolu où tous les organes obéissent à l'impulsion du pouvoir central, ou du gouvernement républicain et décentralisé. C'est l'industrie qui opère le passage de l'un à l'autre ; elle est donc la mère du progrès social moderne et de la liberté ; c'est elle qui fait disparaître insensiblement le despotisme dans l'État comme dans la famille, en affranchissant le citoyen, la femme et l'enfant, en fondant la société sur le principe de l'échange volontaire des services. Des associations de citoyens se chargent spontanément de fonctions qui, dans les nations constituées sur le type primitif, c'est-à-dire guerrier, sont remplies par le gouvernement. Les pays libres sont les pays où l'industrie est le plus développée.

L'organisation domestique qui a préludé à l'organisation politique dans les tribus nomades de l'âge patriarcal subit aujourd'hui une désintégration au profit de l'agrégat social. La division entre les familles, qui maintenait autre-

fois la cohésion dans chacune d'elles, a disparu devant les progrès de la civilisation. Depuis qu'elles se sont associées comme éléments d'un groupe plus étendu, les individus agissent comme membres de leur société plus souvent que comme membres de leur famille. Des individus appartenant à des souches différentes s'associent en des fonctions communes *comme l'on voit dans l'évolution embryonnaire des cellules d'origine et de nature différentes s'associer pour former un nouvel organe.*

Ainsi les grandes unités nationales modernes, après avoir absorbé successivement les tribus, les seigneuries et les petits royaumes, tendent à absorber les groupes plus petits qui sont les familles.

Spencer se demande s'il y a une limite à cette désintégration de la famille, et si le sentiment des devoirs de la société envers les enfants va remplacer la tendresse des parents. Il trouve encore dans la biologie la réponse à sa question, car les animaux supérieurs prennent plus de soins de leurs enfants que les autres. Il croit donc qu'un mouvement en sens contraire va se produire.

« Il doit y avoir, dit-il, une opposition absolue entre le régime de la famille et celui de l'État. L'enfant a besoin d'une aide incessante, d'une générosité absolue; le jeune homme ne doit recevoir que proportionnellement à son mérite, dès qu'il entre dans la bataille de la vie.

» Le principe de la société doit être la justice absolue dans les actes sociaux. Appliquez à la société le principe de la famille ; elle succombera, parce que ses membres les moins méritants survivront, aux dépens des plus méritants, et qu'elle ne pourra plus soutenir la lutte avec les sociétés rivales (1). »

« La relation entre le despotisme domestique et le despotisme politique est évidente. La condition des femmes s'améliore partout où l'activité industrielle prédomine sur l'ac-

(1) *La science sociale*, ch. XII.

tivité militaire. Les dispositions du code civil inspirées par Napoléon Ier seront nécessairement modifiées, et le sont en fait dans les sociétés industrielles les plus avancées, comme en Angleterre et en Amérique, où les femmes sont arrivées à une condition plus élevée et plus libre que partout ailleurs.

» Il en est de même pour la condition des enfants ; dans les sociétés guerrières, leur sujétion était poussée à l'extrême ; les parents avaient droit de vie et de mort sur eux, et la condition des filles était inférieure à celle des garçons.

» A l'époque féodale, le despotisme familial régnait dans toute sa force, et il persista jusqu'à la révolution française. Les enfants étaient élevés tyranniquement, et l'on arrangeait pour eux des mariages sans les consulter. Depuis, les progrès de la liberté nés du développement industriel ont fait que les pères et les maîtres, de despotes qu'ils étaient, sont devenus des amis (1). »

Bien des lecteurs ne partageront pas, et pour cause, l'enthousiasme de Spencer au sujet de la désagrégation de la famille dont les tristes conséquences se font jour de toute part dans nos sociétés modernes grisées de rationalisme. Ils n'y verront, avec plus de raison, que le prélude de la désagrégation des sociétés, dont la famille est le fondement nécessaire.

L'indépendance et l'originalité d'esprit d'Herbert Spencer s'affirme surtout dans son traité sur l'éducation. Il n'hésite pas à s'attaquer de front à l'un des préjugés les plus en vogue dans le monde des libres penseurs, à savoir que le plus sûr moyen de moraliser les masses est de répandre l'instruction primaire et moyenne.

Quel rapport peut-il y avoir, dit-il, entre la connaissance de la grammaire, de l'arithmétique, de la géographie etc. et le développement du sens moral, l'amour du bien, du vrai et du beau.

(1) Ibid., ch. XIII.

Celui qui espérerait enseigner la géométrie en donnant des leçons de latin ou qui, en dessinant, croirait apprendre à jouer du piano, serait jugé bon à mettre dans une maison de fous. Il ne serait pas plus déraisonnable cependant que ceux qui comptent produire des *sentiments* meilleurs au moyen d'une discipline des facultés *intellectuelles*.

Les partisans de l'instruction triomphent quand ils constatent, par des statistiques, que le nombre des criminels illettrés est le plus considérable. Il ne leur vient pas à l'esprit de se demander si d'autres statistiques, établies d'après le même système, ne prouveraient pas, d'une manière toute aussi concluante, que le crime est causé par l'absence de linge, la malpropreté de la peau, l'habitation dans des ruelles etc.

M. Spencer confirme absolument les idées que nous avons émises ailleurs sur l'éducation primaire (1).

» Il faut, dit-il, ne pas surcharger les enfants de travail au détriment de leur santé.

» Il faut commencer à leur enseigner les faits particuliers avant les principes, passer du concret à l'abstrait.

» La genèse de la science dans l'individu doit suivre la même marche que dans la race.

» Il faut favoriser avant tout le développement spontané auquel s'oppose l'habitude d'apprendre par cœur.

» Il faut enfin que l'instruction soit agréable à l'enfant.

» N'est-ce pas une chose inconcevable que, bien que la vie et la mort de nos enfants, leur perte ou leur avantage moral dépendent de la façon dont nous les élevons, on n'ait jamais donné dans nos écoles la moindre instruction sur ces matières à des enfants qui, demain, seront pères de famille? N'est-ce pas une chose monstrueuse, que le sort d'une nouvelle génération soit abandonné à l'influence d'habitudes irréfléchies, à l'instigation des ignorants, aux caprices des parents, aux suggestions des nourrices, aux conseils des grand' mamans? Si un négociant entrait dans

(1) *Annales de la Société scientifique*. 1e année, séance du 26 avril 1876.

le commerce sans connaître le moins du monde l'arithmétique et la tenue des livres, nous nous récrierions sur sa sottise, nous en prévoirions les désastreuses conséquences. Si, avant d'avoir étudié l'anatomie, un homme prenait en main le bistouri du chirurgien, nous éprouverions de la surprise de son audace et de la compassion pour ses malades ; mais, que des parents entreprennent la tâche difficile d'élever des enfants, sans jamais avoir songé à se demander quels sont les principes de l'*éducation physique*, *morale*, *intellectuelle* qui doivent leur servir de guides, cela ne nous inspire ni étonnement à l'égard des pères, ni pitié à l'égard des enfants, leurs victimes (1) ! »

M. Spencer fait trop bon marché de la tradition religieuse, qui constitue heureusement une base solide et nécessaire de l'éducation morale.

Cependant, il faut le reconnaître, l'éducation religieuse, qui dicte des lois à la conscience n'exerce pas toujours suffisamment la volonté. Autre chose est d'enseigner à l'homme les lois de la morale, autre chose de lui donner la force de s'y conformer. L'on ne voit que trop souvent des enfants nourris d'excellents principes, se perdre moralement et physiquement, dès qu'ils sont abandonnés à eux-mêmes, tandis que d'autres, moins favorisés peut-être sous le rapport des principes, mais soumis dès l'enfance à une éducation physique sévère, prennent la vie au sérieux et fournissent une carrière utile.

L'homme est soumis plus qu'il ne s'en doute aux lois de l'organisation et de l'évolution animale. Par des exercices intelligents répétés, on peut plier l'organisme humain de très bonne heure à des habitudes salutaires qui préservent plus tard du vice et de la maladie et rendent aisés, par le seul fait de l'habitude acquise à l'âge de l'inconscience, les triomphes de la volonté sur l'instinct (2).

(1) *L'éducation physique, intellectuelle et morale*, passim.

(2) Voir les données récentes de la physiologie sur la transformation insensible des mouvements volontaires en mouvements réflexes.

Les éleveurs ont des principes et des secrets pour transformer les animaux et dresser leur organisme à des habitudes nouvelles qui les portent souvent à accomplir des actes supérieurs et même contraires à leurs instincts naturels. Ainsi l'on dresse les chiens à chasser et à s'exposer pour l'homme au point de perdre l'instinct de la conservation. Pourquoi n'obtiendrait-on pas de l'enfant, par un dressage analogue, quelque chose de ce que l'on obtient de l'animal? Il y a dans l'homme, comme l'a fort bien fait observer Xavier de Maistre, deux êtres parfaitement distincts et capables d'impulsions contraires : l'*animal* et le *moi*. Or, on peut dresser l'*animal* à ne pas tout rapporter au *moi*, à se soumettre aveuglément aux ordres de la volonté. Pour cela il suffit d'habituer l'enfant, dès l'âge le plus tendre, à compter avec les autres, à modérer ses appétits et à obéir aveuglément aux commandements du maître.

Il ne suffit pas de constater avec M. Spencer « qu'il est temps que les bienfaits apportés à nos moutons et à nos bœufs par les découvertes faites dans les laboratoires soient partagés par nos enfants. » Mais il importe surtout, à notre avis, que les principes de dressage qui assurent aux éleveurs de si merveilleux triomphes sur l'instinct dans l'éducation des chiens et des chevaux, ne restent pas plus longtemps inconnus de ceux qui élèvent nos enfants, c'est-à-dire qui dirigent l'éducation de l'homme pendant la période de l'inconscience. Les lois biologiques qui s'appliquent aux animaux sont, en effet, valables aussi pour les hommes.

Cependant il existe entre l'homme et l'animal une différence radicale dont il importe de tenir compte dans l'éducation, et qui échappe aux positivistes, trop exclusivement préoccupés des analogies matérielles qui existent entre le corps de l'homme et celui de la bête.

Tandis que l'instinct conduit l'animal à ses fins par les voies les plus sûres et les plus variées, il conspire à la perte de l'humanité, s'il n'est éclairé par la raison et com-

battu sans cesse par la volonté. La théorie de l'*homme de la nature* de Jean-Jacques, est une erreur monstrueuse condamnée par l'observation. La vérité est que l'homme naît avec des instincts pervertis qui demandent à être artificiellement redressés. Mystère inexplicable, à moins que l'on n'admette le dogme du *péché originel;* car cette opposition ne pourrait exister si l'intelligence n'était qu'un produit de l'évolution de l'instinct, de la sélection progressive des facultés.

Nous ne pouvons admettre la manière de voir de M. Spencer, lorsque, guidé par l'esprit de système, il affirme la nécessité d'abandonner le plus possible à la nature et à l'*évolution* spontanée, l'éducation physique, intellectuelle et morale.

S'il fallait, comme il le prétend, laisser subir aux enfants et aux jeunes gens les conséquences de leurs actes pour les instruire, la plupart seraient mis hors de combat avant d'avoir atteint l'âge de la lutte.

Par exemple, il serait dangereux de se fier, comme il le recommande, à l'appétit des enfants qui est, selon lui, un guide sûr chez eux comme chez les animaux. Nous croyons au contraire qu'il importe de réprimer la gloutonnerie naturelle de l'enfant, et de l'habituer de très bonne heure à modérer ses appétits, sous peine de lui voir contracter des habitudes d'intempérance, source malheureusement trop commune des désordres physiques et moraux de l'humanité. S'il n'est pas dressé dès l'enfance à vaincre ses instincts à la voix de son maître, l'homme ne se trouvera pas à même de les maîtriser plus tard à la voix de la raison.

Bref, nous croyons que, s'il importe d'étudier les ressources de la bête pour améliorer l'homme, il ne faut pas assimiler à l'éducation de l'animal l'éducation de l'enfant qui naît avec des instincts viciés transmis par l'hérédité.

Ensuite, au lieu de réagir contre ce que M. Spencer appelle la *tendance de l'ascétisme*, nous estimons qu'il est

nécessaire d'imprimer fortement l'idée religieuse dans les esprits dès l'origine. Rappelons à ce propos une pensée fort juste d'un philosophe contemporain : « la *volonté* est le gouvernail, mais le pilote est la *conviction* (1). » Il est donc aussi nécessaire, pour former un homme complet, de développer la *volonté* par le *dressage*, *l'intelligence* et le *sentiment* par l'*éducation*, que de former la *conviction* par l'enseignement religieux.

Spencer, en condamnant l'éducation chrétienne, ne donne aucune indication sur l'éducation religieuse qui pourrait la remplacer, c'est-à-dire qu'il oublie de trancher le point capital d'une étude sur l'éducation. Spencer combat l'idée chrétienne « qui, en portant l'homme à un altruisme exagéré, entrave l'opération éliminatrice et progressive de la sélection naturelle, puisqu'elle favorise la conservation des faibles aux dépens des forts. » Mais il reconnaît contrairement à l'opinion de Huxley l'impuissance de la morale de l'*intérêt*.

L'expérience de la vie, dit-il, n'empêche pas les hommes les plus instruits de se déterminer le plus souvent par des motifs de sentiment opposés à leurs intérêts particuliers et, bien que les dogmes se transforment, le sentiment religieux est impérissable (2).

Il est précieux d'enregistrer cet aveu, car Spencer a beau s'en défendre, sa morale ne diffère pas au fond de la morale utilitaire des autres positivistes. Quels que soient les bienfaits de l'*Évolution*, ils ne parviendront jamais à substituer la morale de la *sélection naturelle* à la morale du Christ. Supprimer au nom du positivisme les enseignements positifs de la religion, c'est enlever à la conscience de l'homme les motifs suffisants pour triompher de son égoïsme et pour sacrifier son existence ou son bien-être à la jouissance et aux besoins des autres ; sans la religion, l'instinct de la

(1) Caro. *Le matérialisme contemporain.*
(2) *Introduction à la sociologie*, Des préjugés d'éducation.

conservation finira toujours par l'emporter chez lui sur l'instinct social, c'est-à-dire, sur l'esprit de famille et sur le dévouement à la chose publique.

L'instinct soumis aux variations de la raison, n'est plus, comme chez l'animal, irrésistiblement entraîné vers le but qui est la conservation de l'espèce.

Au contraire, le déshérité de la vie, instruit des lois implacables de l'Évolution doit s'insurger fatalement contre la société. Substituer dans son esprit les incertitudes ou les négations de la science aux espérances de la religion, c'est le pousser à la révolte et au désespoir : voilà ce que paraissent ne pas comprendre les philosophes et les politiques à courte vue. Aussi voyons-nous tous les jours la science rationaliste développer des germes effrayants de démoralisation. Elle a beau le renier, le socialisme est son enfant naturel, et la révolution est la seule conclusion possible et logique des prémisses posées par le scepticisme scientifique.

A. Proost.

LÉON FOUCAULT,

SA VIE

ET SON ŒUVRE SCIENTIFIQUE

Recueil des travaux scientifiques de Léon Foucault, publié par Madame veuve Foucault sa mère, mis en ordre par C. M. Gariel. — Deux vol. in-4°, Paris, Gauthier-Villars, 1878.

Les hommes de la génération présente n'ont pas oublié la vive impression que ressentit le monde savant lorsqu'un jeune physicien, dont le nom était resté jusqu'alors assez obscur, se plaça tout d'un coup au premier rang par trois ou quatre expériences portant sur les points les plus délicats de l'optique et de la mécanique, conçues et exécutées avec une hardiesse et un bonheur dont on avait vu peu d'exemples. Ils se rappellent encore la succession rapide de découvertes, toutes marquées au même coin d'originalité dans la pensée et de précision dans l'exécution, qui maintint à un niveau si élevé une renommée si rapidement conquise ; et enfin le regret sympathique et douloureux qui s'empara de tous lorsque cette féconde intelligence, atteinte subitement par un mal sans espoir, s'éteignit dans les souffrances à l'heure où la France attendait son plein épanouissement.

Le jour où Léon Foucault, âgé de quarante-neuf ans, disparaissait ainsi de la scène, n'était pas encore celui où il pouvait être impartialement jugé et placé par le suffrage de ses confrères au rang qu'il occupera définitivement dans la science. Les oppositions, les jalousies peut-être qu'il avait trouvées devant lui, les discussions soulevées par le caractère un peu étrange de ses méthodes et que ses éclatants succès avaient seuls comprimées, toutes ces agitations n'étaient pas suffisamment apaisées. Plusieurs travaux inachevés, des progrès entrevus mais non réalisés, des méthodes assurées mais tenues en réserve, attendaient encore l'épreuve de la publicité. Il fallait, pour juger équitablement une carrière scientifique si rapidement parcourue et si tristement brisée, que le public compétent eût sous les yeux l'ensemble des mémoires publiés, des recherches inédites, des découvertes achevées ou seulement ébauchées de Foucault. Mais un projet de publication de ces travaux, conçu par Napoléon III, et dont la réalisation devait être confiée à quelques-uns des meilleurs amis de l'illustre physicien, fut emporté avec bien d'autres choses par les désastres de 1870. Peut-être certaines contestations, au sujet d'une portion de l'héritage scientifique de Léon Foucault, en retardèrent-elles aussi l'exécution. Enfin, dans cette lutte agitée du travail scientifique, si les découvertes des hommes éminents restent, les hommes eux-mêmes s'oublient vite, et chacun, empressé au soin de sa propre renommée, trouve difficilement le temps et l'abnégation de recueillir les titres d'un combattant disparu.

Heureusement pour les intérêts de la science, il est des dévouements que le temps même ne refroidit pas. Non contente d'entourer d'une pieuse tendresse le souvenir de ce fils dont les triomphes avaient réjoui sa vie, la mère de Léon Foucault, restée debout près de cette tombe où dormaient son orgueil et ses joies, a voulu y dresser de ses mains un monument impérissable. Grâce à elle et au concours d'un ami, les écrits de Foucault ont été réunis et coor-

donnés, les rares pages inédites où il avait jeté la première ébauche de ses inspirations ou tracé la forme définitive de ses pensées ont été recueillies précieusement, et de ce travail est résulté un livre vraiment attachant, dans lequel la génération nouvelle viendra lire l'œuvre d'un maître, et dans lequel je voudrais rechercher, avec la série complète des découvertes de Foucault, l'empreinte si nettement marquée de son génie inventif et original.

Telle a été l'origine et l'occasion des pages qu'on va lire.

I

Léon Foucault (1) était né à Paris le 19 septembre 1819. Son enfance n'annonça guère l'illustration à laquelle il devait atteindre un jour. Faible de constitution, timide de caractère, lent au travail intellectuel, écolier médiocre à plusieurs égards, il ne put supporter la vie du collège et termina tardivement, sous les yeux de sa mère, des études d'humanités probablement assez incomplètes. Aussi l'assistance d'un répétiteur lui fut-elle nécessaire pour conquérir le diplôme de bachelier.

Ce passage franchi, Foucault essaya d'aborder l'étude de la médecine et surtout de la chirurgie ; mais sa voie n'était pas là non plus ; sa nature impressionnable s'accommodait mal de la vue du sang et du visage contracté des patients. Toutefois, pendant cette période d'études médicales, un heureux hasard le mit en rapport avec le Dr Donné, chargé du cours de microscopie à la clinique de l'École de médecine ; devenu le préparateur de ce praticien distingué, il commença de montrer cette alliance d'une main habile et d'un esprit ingénieux qui devait faire plus tard sa fortune

(1) Les principaux éléments de cette esquisse biographique sont empruntés à la notice intéressante et émue de M. Lissajous, qui ouvre le second volume de l'ouvrage.

scientifique. Dès sa grande jeunesse, en effet, Léon Foucault avait révélé une aptitude rare à comprendre le fonctionnement d'un mécanisme et à le reproduire de ses mains enfantines : une petite machine à vapeur, dont l'exécution manifeste, en même temps que son inexpérience, sa précoce habileté à disposer des appareils dans un but déterminé, est conservée encore aujourd'hui dans sa famille. Dans le service du Dr Donné, il perfectionna quelques-uns des procédés de la photographie, et, cherchant à rendre projectives les démonstrations du professeur, il fit faire à la régularisation de la lumière électrique un premier pas, prélude d'un autre beaucoup plus décisif qu'il réussit à obtenir dans la suite.

C'est à la même époque, de 1845 à 1849, que Léon Foucault, pleinement entré dans le domaine de la physique expérimentale, s'associa avec M. Fizeau pour diverses recherches délicates sur la théorie de la lumière. Une semblable association d'esprits éminents ne pouvait manquer d'être fructueuse : leurs travaux sur l'action daguerrienne des rayons les moins réfrangibles du spectre solaire, sur les interférences des ondes lumineuses dans le cas de grandes différences de marche, sur les interférences des rayons de chaleur, recherches dont une partie voit pour la première fois le jour, sous une forme complète, dans l'ouvrage que nous examinons ; ces travaux, dis-je, ont marqué dans la science à l'époque de leur apparition. Mais une telle collaboration, on le sait, n'est jamais de longue durée entre savants : il est rare qu'un homme supérieur n'ait pas ses vues et ses inspirations propres dont il désire poursuivre la réalisation, plus rare encore qu'il consente à les sacrifier aux idées d'autrui. MM. Fizeau et Foucault se séparèrent donc, fortifiés par ce contact de plusieurs années, pour marcher chacun de leur côté, avec un remarquable succès, dans la voie où ils se sentaient attirés.

A partir de cet instant, Foucault allait conquérir rapidement une renommée éclatante. Dès 1850, abordant une question capitale sur laquelle son rival venait de s'essayer

aussi, il disposait un appareil pour comparer les vitesses avec lesquelles la lumière se transmet dans l'air et dans l'eau, et, par une expérience de maître, tranchait en faveur de Fresnel la longue controverse sur la prééminence du système de l'émission ou du système des ondulations pour expliquer les phénomènes lumineux. Un an plus tard, en 1851, la réputation de Foucault sort des cercles scientifiques pour se répandre dans les masses. La magnifique expérience du pendule, effectuée au Panthéon, apporte à l'hypothèse du mouvement de la terre, non une confirmation dont elle n'avait plus besoin, mais un aspect sensible et saisissable pour tout le monde. L'année suivante, par sa découverte du *gyroscope*, la plus belle peut-être des créations de Léon Foucault, il fournit une nouvelle preuve palpable de la rotation terrestre, en même temps qu'il met en lumière les beaux phénomènes, si peu étudiés jusque-là, qui sont propres aux masses tournant avec une grande vitesse autour de leur axe de symétrie ; il fait ainsi jaillir de tous côtés des expériences neuves et instructives, dont l'influence sur l'emploi des projectiles tournants dans l'artillerie rayée ne saurait être mise en doute. Enfin, en 1853, il écrit sa belle thèse pour le doctorat ès sciences physiques, dans laquelle il développe sa méthode pour la mesure de la vitesse de la lumière, et prépare l'usage qu'il en devait faire plus tard pour la détermination absolue de cette vitesse et de la parallaxe du soleil. C'est encore dans cette période qu'il se livre à d'ingénieuses recherches sur l'électricité et que, appréciant le rôle considérable que la théorie mécanique de la chaleur allait jouer dans la science, il médite une des plus belles expériences par lesquelles cette théorie ait affirmé sa réalité.

En 1854, l'empereur Napoléon III, qui le tenait en haute estime, créa pour lui la place de *physicien* attaché à l'Observatoire de Paris. Il était difficile de trouver un meilleur emploi de ses remarquables qualités : sous l'initiative infatigable et un peu impérieuse du grand astronome qui

dirigeait alors cet établissement, Foucault allait mettre son génie inventif à perfectionner les instruments nécessaires aux observations astronomiques. L'Observatoire avait acquis en 1855 deux disques de cristal fondus dans les ateliers de Chance à Birmingham ; ils étaient destinés à la confection du plus grand objectif que l'on eût encore dirigé vers le ciel. Chargé par Le Verrier de tirer le meilleur parti possible de ces verres d'un grand prix et ne voulant rien donner au hasard, Foucault se fait ouvrier, s'initie à tous les détails de la préparation des verres optiques, et acquiert en peu de temps une habileté exceptionnelle dans cet art difficile. C'est pour lui le point de départ d'une série d'inventions ingénieuses, touchant d'un côté aux détails les plus vulgaires de la fabrication des lentilles, de l'autre aux théories les plus délicates de la physique transcendante : méthodes sûres pour l'exploration des surfaces réfléchissantes, pour la vérification des qualités des lentilles ; procédés de retouches rationnelles pour amener successivement à la dernière perfection les miroirs de télescopes ; détermination rigoureuse du pouvoir optique vrai de ces miroirs ; substitution des télescopes en verre argenté aux lourds miroirs métalliques d'Herschel et de lord Ross ; microscopes catadioptriques ; application de la couche d'argent aux objectifs de lunettes pour l'observation de la surface du soleil ; procédés nouveaux, encore cachés aujourd'hui, pour obtenir des objectifs achromatiques parfaits ; invention d'un nouvel héliostat et d'un sidérostat ; nouvelles et profondes études sur les moyens de rendre parfaitement uniforme le mouvement des machines parallactiques que l'on adapte aux lunettes pour suivre les astres dans leur rotation diurne ; enfin, recherches étendues et variées sur les appareils régulateurs de vitesse, recherches dans lesquelles il déploya une richesse de conception, une ténacité au travail, un art pour tourner les difficultés que chaque moteur spécial lui créait à plaisir, que l'on ne saurait trop admirer.

Une telle abondance de travaux distingués justifiait les

plus hautes récompenses. Officier de la Légion d'honneur et membre du Bureau des longitudes depuis 1862, honoré par la Société Royale de Londres de cette médaille de Copley, réservée aux découvertes éminentes, Léon Foucault vit en peu de temps cette même Société, l'Académie de Berlin et les principaux corps savants de l'Europe lui ouvrir leurs portes. On a pu s'étonner que celles de l'Institut lui soient restées si longtemps fermées : son échec, en 1857, s'explique pourtant par la nature même de son mérite. La science très réelle qu'il possédait était en dehors des traditions classiques ; son instruction était restée incomplète sur plusieurs points, et généralement il ne s'enquérait des théories mathématiques que lorsqu'il en éprouvait le besoin pour justifier ses inventions. Suppléant souvent aux enseignements réguliers de la science à force de pénétration et de rectitude d'esprit, il éprouvait peut-être un certain dédain, qu'il ne dissimulait pas toujours, pour les longues et abstraites théories que son intelligence impatiente ne parvenait pas à s'assimiler tout de suite. Son langage se ressentait de cette disposition ; ses écrits en portent manifestement la trace ; objet d'une admiration enthousiaste pour quelques-uns, il apparaissait à d'autres un peu comme un *irrégulier* de la science. Quoi qu'il en soit, l'importance et la solidité de ses travaux eurent raison de tous les obstacles, et en 1866 il succéda à Clapeyron.

L'illustre physicien ne jouit pas longtemps de ce triomphe. Poursuivant avec une hâte fiévreuse, malgré la fatigue dont il se sentait envahir, la solution de ce problème des régulateurs qui chaque jour lui présentait une face et des aspérités nouvelles, il voulait en finir avec lui pour revenir à ses travaux de haute physique : « J'ai devant moi pour vingt ans de recherches, disait-il. » Installé dans un joli pavillon de la rue d'Assas, dont il comptait faire le centre de ses méditations fécondes, il y disposait tout pour des études calmes et suivies, alternées par d'aimables causeries, ornant cette retraite avec une certaine

recherche de *confort*, évitant le bruit, la lumière, l'agitation, comme si un secret instinct l'eût averti de ménager des forces qui commençaient à trahir son ardeur.

L'Exposition de 1867 arriva, et avec elle des travaux, des préoccupations, des fatigues démesurées qui achevèrent de ruiner cette organisation toujours délicate et toujours surmenée. Il avait à installer, sur une machine destinée à mettre en mouvement les outils de la section américaine, son dernier modèle de régulateur, et là il rencontrait une difficulté grave, presque sans exemple dans la pratique industrielle. Cette machine servait de moteur à la fois à un métier à tisser, et à de puissants appareils à travailler le bois qui absorbaient à des intervalles irréguliers une énorme quantité de travail mécanique. On comprend la quasi-impossibilité de donner au premier de ces engins la régularité délicate qu'il réclame, alors que le second apportait incessamment dans la distribution de la force un trouble considérable. L'angoisse de Foucault était extrême : « Chaque matin, conte M. Lissajous, dès l'ouverture des portes, il était à la section américaine, surveillant la marche de son régulateur, et quand il s'éloignait pour prendre part aux opérations du jury, il était encore en esprit auprès de sa machine, prêt à parer à tout événement, tremblant de voir quelque circonstance imprévue donner prise à ses rivaux. » Il sortit triomphant de cette lutte, mais l'organisme était brisé.

« Le 10 juillet 1867, les symptômes de la paralysie s'annonçaient chez lui par un engourdissement de la main qui l'empêchait de signer son nom. Dès la première heure il se sentit perdu : ses études médicales avaient été trop complètes pour qu'il pût se faire illusion. Bientôt la langue s'embarrassa, puis la vue fut atteinte : tout ce qui pouvait aider à la manifestation extérieure de la pensée lui faisait défaut, alors que son intelligence restait presque intacte. Cette intelligence merveilleuse, il l'employait à suivre les progrès de son mal, à en analyser les symptômes, et quand

il s'efforçait de peindre ses souffrances à l'aide de ces mots incohérents qui s'échappaient de sa bouche par un violent effort, c'était en termes d'une précision saisissante qui accusaient la netteté persistante de ses idées. Cette justesse d'expression qui était une de ses préoccupations constantes, il aimait à la retrouver chez les autres, et quand un de ses amis venait à traduire fidèlement sa pensée, sa figure s'illuminait un instant. « C'est ça, disait-il, c'est ça, » puis il retombait dans ses sombres préoccupations, le désespoir l'envahissait de nouveau, et alors ses yeux privés de lumière se remplissaient de larmes, ses mains tremblantes s'étendaient dans l'obscurité comme pour implorer. « Mon Dieu! Dieu! Dieu! s'écriait-il, qu'ai-je fait? » Affreux supplice pour lui et aussi pour sa mère, ses parents et ses amis qui eurent six mois durant ce douloureux spectacle! Enfin, il succomba; le 11 février 1868, Dieu mettait un terme à ce long martyre. »

Léon Foucault eut du moins le bonheur de mourir en chrétien, et de retrouver, pour consoler les heures de sa cruelle agonie, cette foi amie de son enfance que les luttes de la vie et le contact d'un monde sceptique avaient peut-être plus voilée qu'éteinte. Voici en effet ce qu'écrivait, dans *Les Mondes* des 20 et 27 février 1868, un de ses chauds admirateurs et amis, le respectable abbé Moigno :

« ... Nous sommes heureux de pouvoir dire que la cruelle maladie qui l'a frappé ne l'a pas mis dans l'impossibilité de remplir ses devoirs de chrétien, et qu'un vénérable dominicain qui avait toute la confiance de sa mère, si pieuse et si dévouée, a été grandement édifié de ses sentiments de retour et de résignation »... « Nous avons parlé, dans notre dernière livraison, de l'heureux retour à la foi de celui que nous avions tant admiré et défendu. Disons aujourd'hui que ce retour a été le résultat d'un travail lent et plusieurs fois repris. Son intelligence gênée, mais saine, a dû s'appliquer successivement aux idées de création, de médiation, de rédemption, de pardon et d'absolu-

tion. Il s'est rendu volontairement; il a accepté de grand cœur le ministère du pieux religieux qui l'avait entouré d'amitié ; il a reçu l'extrême onction quand il l'a voulu. Phénomène singulier, dans ses entretiens sur Dieu et sur Jésus-Christ, les mots ne lui manquaient pas, l'aphasie était moins obstinée; il se faisait bien comprendre. »

Cet homme, si remarquable par son esprit d'invention, ne l'était guère moins par l'art de rendre sa pensée. Nul ne porta plus loin la simplicité, la clarté, la netteté du style scientifique, ces qualités si précieuses du génie français. Je ne connais pas dans la littérature de la science de pages plus expressives, plus transparentes, plus *picturales* si j'ose ainsi parler, que certaines pages dans lesquelles Foucault décrit ses procédés d'expérience et les phénomènes observés par lui. Le lecteur, je n'en doute pas, partagera cette impression après la lecture de quelques extraits que je donne plus loin. Les chroniques scientifiques du *Journal des Débats*, dans la rédaction desquelles il succéda au Dr Donné en 1845, renferment de nombreux témoignages de ces qualités d'exposition, en même temps que de cette indépendance de jugement et de cette franchise d'appréciation qui tenaient à la nature droite de Foucault, et qui ne laissèrent pas de lui susciter des inimitiés douloureuses à rappeler. « La tâche, périlleuse à plus d'un titre, dit M. J. Bertrand, exigeait beaucoup de science, et Foucault se proposait d'en acquérir ; beaucoup de prudence en même temps et de sens critique; il y mêla beaucoup de hardiesse. Toujours attentif à ne pas se compromettre par des jugements erronés ou douteux, ses appréciations n'avaient rien de banal. Entre tant de travaux, non moins différents par le but que par la méthode, il marquait nettement ses préférences, non sans quelque dédain pour la science, si élevée qu'elle fût, quand elle se déployait sans résultat immédiat et précis.

» Malgré l'importance croissante de ses propres travaux,

il n'abandonna jamais complètement cette tâche qu'il aimait et dans laquelle la franchise de ses jugements, toujours pleins cependant de convenance et de courtoisie, a éveillé plus d'une rancune et par là peut-être retardé ses succès. »

Quant à sa personne même, j'en emprunte le portrait à M. Lissajous : « Il semblait que la nature eût pris à tâche d'établir un contraste saisissant entre l'organisation physique de L. Foucault et sa puissance intellectuelle. Qui aurait pu deviner l'homme de génie sous cette frêle apparence? Sa taille était peu élevée, sa tête petite, le front peu développé, les yeux inégaux, l'un franchement myope, l'autre presbyte. Aussi ne regardait-il que de l'œil droit, tandis que l'œil gauche semblait abandonné dans le vague. A cette disposition s'ajoutait une légère nuance de strabisme divergent qui donnait à son regard quelque chose d'étrange et de très caractérisé.

» L'expression de sa physionomie était ordinairement froide, son attitude modeste, son langage réservé; néanmoins l'ensemble de sa personne était distingué, il avait même dans la conversation un charme tout particulier qu'augmentaient encore la finesse de son sourire, le timbre agréable de sa voix, l'expression douce et parfois caressante de son regard. Il s'étudiait à racheter par l'exquise urbanité des formes ce qu'il y avait d'absolu dans ses idées et d'invariable dans ses convictions.

» C'est qu'en effet il n'avançait jamais une opinion sans s'y être mûrement arrêté, et tout ce qu'il affirmait était le fruit de longues études et de méditations sérieuses. Aussi était-on étonné de la profondeur et de l'originalité de ses vues lorsqu'il se livrait un peu, dans ces causeries intimes du jeudi qui réunissaient chez lui de nombreux savants. C'est ainsi que sans effort, et par la sûreté de son jugement, il avait conquis sur tous ceux qui l'entouraient une véritable autorité. »

Tel était, dans l'ensemble de ses traits, l'homme éminent dont il est temps d'aborder l'œuvre scientifique, rassemblée, comme je l'ai dit, par les soins de Madame Foucault, qui a trouvé dans M. C. Gariel un assistant à la fois dévoué et intelligent, et dans M. Gauthier-Villars un de ces éditeurs comme il est trop rare d'en rencontrer pour des publications d'un ordre aussi élevé. Dans ce beau volume, enrichi d'un article de M. J. Bertrand et d'une notice biographique de M. Lissajous, accompagné d'un volume de planches soignées, les écrits de Foucault sont classés d'après leur objet : Optique et Photographie, Électricité, Mécanique. J'ai préféré, dans l'analyse que je vais essayer d'en faire, me rapprocher davantage de l'ordre chronologique sans m'y astreindre tout à fait. J'étudierai les mémoires et les écrits de L. Foucault, en les groupant autour des œuvres principales qui ont marqué les diverses périodes de sa trop courte carrière.

II

Le premier travail publié par Foucault date, si je ne me trompe, de 1841 et est relatif à la photographie (1) ; il parut dans une brochure destinée aux praticiens, sous ce titre : *Méthode pour appliquer le brôme à la production des épreuves daguerriennes*. L'auteur y donnait avec tous les détails les précautions à employer pour éviter les difficultés que présente l'emploi du brôme, dans la préparation des plaques sensibles destinées au daguerréotype. Son attention était alors portée sur cet art nouvellement inventé, car en 1843 il présentait à l'Académie des sciences une note sur ce même sujet de la préparation des plaques sensibles (2), et il y revint à diverses reprises. Mais son esprit scrutateur ne pouvait s'attarder longtemps à ces détails de pure

(1) *Recueil des travaux scientifiques*, etc., p. 1.
(2) *Recueil*, etc., p. 9.

expérimentation, et, suivant sa coutume, il rencontra dans ces premières études les éléments d'un travail de haute physique, qu'il exécuta avec un autre savant également célèbre depuis, M. Fizeau. Le 5 août 1845, il écrivait à Arago une lettre (1) publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, et où il résumait les faits observés par M. Fizeau et par lui, relativement à l'action *neutralisante* qu'exercent les rayons rouges du spectre solaire sur une plaque sensibilisée qui a déjà subi l'impression de la lumière blanche. Cette recherche intéressante fit l'objet d'un mémoire développé, inédit jusqu'ici, qui porte le titre de « *Études sur l'action spéciale exercée par l'extrémité la moins réfrangible du spectre sur les substances impressionnables à la lumière* (2). »

Les expériences décrites dans ce travail ont pour but et pour résultat de constater une influence en quelque sorte négative, que les rayons les moins réfrangibles du spectre solaire, les rayons rouges et les rayons invisibles situés au delà, exerceraient sur les plaques daguerriennes. Une plaque argentée ayant été rendue sensible à la lumière par une préparation d'iode et de brôme, qui fournit la plus grande sensibilité, est d'abord faiblement impressionnée par un faisceau de lumière *blanche* convenablement ménagée. Si l'on expose cette plaque déjà altérée à l'influence du spectre solaire fourni par un prisme, on reconnaît que les rayons bleus, violets et ultra-violets du spectre renforcent l'action déjà commencée par la lumière blanche, tandis que les rayons les moins réfrangibles, les rayons rouges par exemple, diminuent l'effet antérieur et ramènent même la plaque à son état primitif, pourvu que l'exposition à la lumière blanche n'ait pas duré trop longtemps ni produit une altération trop profonde.

(1) *Observations concernant l'action des rayons rouges sur les plaques daguerriennes* (*Recueil*, etc., p. 14 .

(2) *Recueil*, etc., p. 19.

On savait déjà fort bien que lorsque la lumière solaire dispersée par le prisme agit sur une plaque sensibilisée, l'effet atteint son maximum dans les rayons bleus, et n'est pas appréciable dans la région de la plaque soumise à l'influence des radiations rouges. Mais on ignorait que ces radiations agissent en sens inverse des premières (ce que les auteurs appellent une *action négative*), bien que Herschel et d'autres physiciens eussent déjà constaté l'effet *protecteur* que les verres rouges exercent sur les plaques iodées.

Le mémoire de MM. Fizeau et Foucault expose d'abord toutes les précautions à prendre pour obtenir une bonne couche sensible d'iodure et de bromure d'argent ; puis il fait connaître les résultats des expériences, tels que je les ai résumés plus haut. Il étudie ensuite l'influence, sur ces résultats, du degré d'altération de la couche dû à l'exposition primitive à la lumière blanche ; cette influence ne change pas la position, relativement aux rayons du spectre, du maximum d'action négative, mais il faut plus de temps pour ramener la plaque à son état initial quand l'impression première a été plus forte. C'est en exposant la plaque impressionnée à la vapeur de mercure que les opérateurs révélaient l'action éprouvée par la couche sensible et son retour plus ou moins parfait à l'état primitif.

En recherchant quelle est l'influence de l'action plus ou moins prolongée du spectre sur la couche altérée, MM. Fizeau et Foucault rencontrent ce fait remarquable, que le maximum d'activité négative se déplace vers les rayons moins réfrangibles quand l'exposition dure plus longtemps. Ils arrivent à cette importante conclusion : il y a dans le spectre des radiations qui agissent *toujours positivement* (rayons les plus réfrangibles), des radiations qui agissent *toujours négativement* (partie la moins réfrangible du spectre), des radiations dont l'effet *alterne du négatif au positif* suivant la durée de l'exposition (elles sont confinées dans la portion jaune et orangée du spectre). De là, les auteurs

du mémoire ont été amenés à supposer que chaque radiation colorée a un effet spécial et pourrait agir négativement sur une couche déjà altérée par des rayons de couleur différente, mais l'expérience n'a pas confirmé cette induction. Les faits indiqués ci-dessus sont les seuls qui aient persisté.

MM. Fizeau et Foucault ont ensuite étudié le rôle des diverses substances sensibles (iodure d'argent, chlorure d'argent, etc.), et se sont assurés que les faits constatés par eux n'étaient pas propres exclusivement aux plaques brômées, mais s'étendaient à toutes les autres : on est donc en présence d'une loi générale de l'action *chimique* de la lumière.

Ce mot d'action *chimique* est-il bien exact? C'est ce que les auteurs examinent à la fin de leur travail en s'élevant à des vues théoriques que leurs expériences semblent confirmer, et dont, à raison de leur importance, je crois devoir donner ici un extrait :

«... Quand le chlorure d'argent, en particulier, noircit au soleil, on ne saurait nier qu'il subit une décomposition chimique bien réelle, puisque le dégagement du chlore ou de composés chlorés tombe sous le sens de l'odorat, puisqu'à la longue ce chlorure d'argent perd de son poids, cesse de disparaître dans ses dissolvants et finit par reprendre l'aspect métallique. Mais, de cette réaction franche et poussée à l'extrême, comment oser conclure à ce qui se passe sur une plaque ou sur un papier qui ne fait qu'entrevoir le jour, qui ressort de la chambre noire sans modification directement appréciable ? Qui pourrait affirmer que dans ce cas comme dans l'autre, il y a décomposition ? Où est le produit dégagé ? Qui a constaté une diminution de poids ? Il n'y a pas même de changement sensible dans l'aspect physique de la couche sensible... Toutefois, si rien ne démontrait qu'il y eût action chimique, rien non plus, il faut en convenir, ne démontrait que cette action n'avait pas lieu. La manifestation de l'action négative de certains rayons nous semble le premier fait incompatible avec une

théorie qui, dans la formation des images photographiques, rapporterait tout à l'action chimique. Si, en effet, les couches d'iodure, de bromure ou de chlorure d'argent perdent, dès le moment du premier contact de la lumière, un de leurs éléments, un élément volatil, comment concevoir que, sous l'influence de certains rayons simples, cette couche soit restituée dans son état primitif? Comment concevoir qu'elle recouvre l'élément qu'elle a perdu ? Cela n'est pas possible. Une expérience, publiée par M. Claudet, vient encore déposer contre la possibilité d'un changement survenu dans le rapport des éléments constituants de la couche sensible. Cette expérimentation a montré qu'après avoir été réparée par les rayons peu réfrangibles, la matière impressionnable était encore apte à être modifiée par la lumière ordinaire, confirmant ainsi la proposition avancée par nous, que cette matière était reconstituée dans son état primitif.

»... Sans doute nous croyons qu'à la longue le rayonnement lumineux les modifie chimiquement (les substances impressionnables), nous sommes même très portés à croire qu'il en est ainsi dès que leur couleur s'altère ; mais bien avant cette époque leurs affinités se modifient, leur stabilité diminue, et cette première altération nous semble devoir être attribuée à un changement dans leur état physique soit mécanique, soit électrique. Parmi les corps indécomposables à la lumière, il en est bien qui sont modifiés par cet agent, les substances phosphorescentes entre autres : les sulfures de calcium et de baryum sont vivement impressionnés aux plus faibles lueurs sans qu'on puisse soupçonner un changement de composition, il y a purement action physique. Pourquoi les iodures, les bromures, les chlorures ne seraient-ils pas aussi, eux, physiquement impressionnés avant d'être chimiquement altérés ? Il y aurait ainsi, dans la série des altérations que ces substances peuvent subir, au moins deux périodes à distinguer, une période d'action physique, une période d'action chimique... Tant que l'état physique seul serait troublé, les rayons capables d'agir

négativement se montreraient capables de réparer l'atteinte portée par l'impression lumineuse ; du moment que la décomposition chimique commencerait à s'effectuer, ces rayons deviendraient impuissants à ramener le corps altéré à son premier état. »

Dans les recherches que je viens de résumer, Foucault avait eu à résoudre ce problème, de faire tomber un faisceau de lumière *homogène*, d'une teinte déterminée, sur une surface plane d'une certaine étendue. L'appareil qu'il avait imaginé dans ce but et dont la description se trouve dans le mémoire qui précède, donne le moyen d'obtenir un spectre très pur, très nettement divisé, au foyer d'une lentille; puis, en employant des diaphragmes convenablement placés, de séparer après leur passage au foyer les rayons les uns des autres, de façon à obtenir des faisceaux lumineux, à section plane, renfermant à volonté les radiations qui appartiennent à telle ou à telle partie du spectre solaire. Dans une note *sur la recomposition des couleurs du spectre en teintes plates* (1), Foucault indique l'usage que l'on peut faire de cette disposition pour certaines études d'un haut intérêt, sur les effets physiologiques résultant de la superposition des radiations de différentes nuances.

« Indépendamment de l'application spéciale qui nous a porté à disposer ainsi un appareil réfringent, dit-il, qu'il nous soit permis de faire remarquer le parti que l'on peut tirer de ce système optique pour étudier la manière dont les teintes se composent. Tous les rayons simples sont rangés par ordre dans ce petit spectre, comme les couleurs sur la palette d'un peintre, et le physicien peut faire son choix ; il peut à volonté prendre tels et tels rayons, les étaler en surface, les combiner ensemble sur l'écran en toute proportion, et procéder dans cette opération d'une manière aussi sûre, aussi positive que l'artiste quand il

(1) *Recueil*, etc., p. 51.

prend ses couleurs matérielles et qu'il les mélange pour les jeter sur la toile. »

Je signalerai encore, dans cet ordre de recherches, une *Note sur les plaques brômées au second degré*, dans laquelle Foucault indique un procédé pour mieux proportionner l'impressionnabilité des plaques daguerriennes aux effets que déterminent, sur la rétine de l'œil, les objets à reproduire, et un petit travail inédit, *Note sur l'emploi d'un diaphragme étoilé pour l'obtention de fonds dégradés dans les plaques daguerriennes* (1). Pour ôter aux reproductions photographiques leur sécheresse, en estompant légèrement les contours des objets, Foucault proposait de découper les bords du diaphragme suivant un tracé en étoile, permettant de varier ces effets et de les ajuster au but que l'artiste a en vue d'obtenir.

Un nouveau travail de très grande importance théorique, dû à la collaboration de MM. Fizeau et Foucault, vit le jour en 1845. Je veux parler de leurs recherches *Sur le phénomène des interférences entre deux rayons de lumière dans le cas de grandes différences de marche et sur la polarisation chromatique produite par les lames épaisses cristallisées* (2). Il s'agit ici d'une des questions capitales de l'optique.

On connaît l'admirable expérience des miroirs de Fresnel, par laquelle ce savant célèbre a établi sur un fondement solide la théorie des ondulations lumineuses : un faisceau de lumière solaire, en se réfléchissant sur deux miroirs mis bord à bord et très légèrement inclinés l'un sur l'autre, donne naissance à deux faisceaux dont chacun, s'il était seul, donnerait une vive lumière, et qui pourtant font paraître en s'entrecroisant des raies noires, des franges alternativement brillantes et obscures. L'explication est très simple dans les idées de Fresnel : l'éther, le milieu

(1) *Recueil*, etc., p. 57.
(2) *Recueil*, etc., p. 104.

élastique qui propage les vibrations lumineuses, est excité en sens contraire aux points où se rencontrent deux rayons qui, ayant parcouru des chemins différents depuis la même source, sont là dans des phases opposées de leur mouvement, ou sont en retard l'un sur l'autre d'une demi-oscillation. C'est là ce qu'on nomme *interférence*. Mais dans les expériences de Young et de Fresnel, ce retard ne comprenait jamais qu'un petit nombre de longueurs d'ondulation. La nature complexe des radiations lumineuses, qui comportent des ondes de longueurs très diverses, était l'une des causes connues qui avaient empêché de faire interférer des rayons présentant des différences de marche plus considérables. D'un autre côté, l'impossibilité d'obtenir des franges d'interférence avec des rayons n'émanant pas d'une même source indiquait que la constitution d'un même rayon lumineux change rapidement d'un point à l'autre de son parcours; il était fort important de rechercher dans quelle étendue les vibrations conservent une régularité suffisante pour que l'on puisse considérer le rayon comme constitué de vibrations identiques dans cette étendue. Telle est la question que les deux expérimentateurs ont eu la hardiesse d'aborder.

Reprenant les miroirs de Fresnel, ils font s'entrecroiser deux faisceaux émanant de la raie brillante formée par le soleil au foyer d'une lentille cylindrique, et reçoivent les faisceaux superposés sur un écran opaque percé d'une fente très étroite, qui correspond juste au milieu de la frange centrale, brillante, où les deux faisceaux sont en concordance vibratoire. C'est cette étroite étendue vibrante qu'ils reprennent comme source de lumière; les deux faisceaux rétrécis qui en émanent traversent un système de prismes qui les dispersent, et en recevant ce faisceau dispersé sur une lentille, on obtient un spectre très pur présentant, comme lignes de repère, les raies noires bien connues dites de Fraünhofer.

Comme les deux faisceaux sont en concordance à la fente,

ce spectre ne présente rien d'ailleurs de particulier; mais si, au moyen d'un mécanisme convenable, on recule l'un des miroirs parallèlement à lui-même d'un mouvement insensible, on communique au faisceau qui s'y réfléchit, par rapport à son compagnon, une *avance* qui correspond à un certain nombre de longueurs d'ondulation de la lumière violette, par exemple. Il apparaîtra donc dans la partie violette du spectre, comme dans l'expérience même de Fresnel, un certain nombre de franges brillantes et obscures déterminées par les différences de phase vibratoire dans les deux faisceaux. La même chose se passe pour les rayons des autres couleurs, dont seulement la longueur d'onde est plus grande et dont, pour cette raison, la première frange d'interférence apparaît un peu plus tard. Au fur et à mesure que le déplacement du miroir équivaut à un nombre plus grand d'ondes d'une certaine couleur, le nombre des franges que le microscope découvre dans les rayons de cette couleur va en croissant. C'est même ainsi, par le nombre de franges d'interférence comprises entre deux raies données du spectre de Fraünhofer, que les opérateurs ont pu calculer exactement le retard d'un faisceau sur l'autre, et ils se sont assurés qu'ils avaient réussi à faire interférer des rayons dont les parcours diffèrent de *plusieurs milliers de longueurs d'ondulation*.

Cette brillante expérience emporte, au point de vue théorique, des conséquences intéressantes : outre qu'elle donne bien plus de poids aux conclusions que Fresnel déduisait de son expérience des miroirs, elle prouve qu'un rayon provenant d'une source lumineuse aussi *simple* que possible présente, sur une longueur équivalente à sept ou huit mille longueurs d'ondulation au moins, une persistance dans la régularité de l'oscillation éthérée qui est fort remarquable. C'est donc bien le défaut d'homogénéité seul dans la radiation qui marque la limite qu'on ne peut dépasser dans les expériences ordinaires, où l'on met aux prises deux faisceaux de phase discordante.

MM. Fizeau et Foucault ont d'ailleurs varié ces expériences en employant divers procédés pour produire un retard. Ainsi, disposant les miroirs immobiles comme dans l'expérience de Fresnel, ils ont interposé de minces lames transparentes sur le trajet de l'un des faisceaux réfléchis : la diminution de vitesse dans le passage à travers la lame équivalait à un très petit allongement de parcours. Ils ont substitué aussi, à la réflexion sur deux miroirs inclinés, celle sur les deux faces d'une lame mince transparente ; ou encore, l'interférence des deux faisceaux, l'*ordinaire* et l'*extraordinaire*, dans lesquels on sait que se partage un rayon unique à sa sortie d'un cristal biréfringent ; et chaque fois, ils ont réussi à faire interférer des rayons dont la différence de marche se mesurait par plusieurs milliers de longueurs d'ondulation d'une lumière homogène. Dans le cours de ces mêmes expériences, en mesurant le nombre d'ondulations d'une longueur donnée que représente le retard d'un faisceau sur l'autre, ils ont pu évaluer la différence entre l'indice de réfraction du rayon ordinaire et du rayon extraordinaire pour une couleur déterminée, ou ce qu'ils appellent la *dispersion de double réfraction*.

Enfin, dans la seconde partie de ce remarquable mémoire, MM. Fizeau et Foucault s'occupent de la *polarisation chromatique*, c'est-à-dire des phénomènes de coloration si curieux qui se manifestent lorsqu'un rayon de lumière, déjà *polarisé* lui-même, traverse un cristal doué de la double réfraction où il éprouve une nouvelle bifurcation. La théorie donne une idée précise des phénomènes que l'on observe alors et de leur raison d'être, mais l'expérience, en retard sur ce point, n'avait pas réussi encore à les étudier commodément. En se servant de leur appareil principal pour obtenir un spectre des faisceaux ordinaire et extraordinaire superposés, les auteurs du mémoire ont pu parvenir à étudier l'état de polarisation des divers rayons du spectre, d'après la différence de phase plus ou moins grande que présente un faisceau sur l'autre suivant la

nature de la couleur, c'est-à-dire suivant la longueur d'ondulation qui lui est propre.

Une note inédite (1), trouvée dans les papiers de L. Foucault, renferme des instructions très précises pour le physicien qui veut reproduire les expériences d'interférence, objet du mémoire que je viens d'analyser.

Le succès de leurs expériences sur les interférences lumineuses décida sans doute MM. Fizeau et Foucault à appliquer les mêmes méthodes à une question plus neuve et plus délicate encore ; car en 1847 ils présentèrent en commun à l'Académie des sciences, un mémoire *Sur les interférences des rayons calorifiques* (2). Une analyse seulement de ce travail fut publiée dans les *Comptes rendus ;* le mémoire tout entier paraît aujourd'hui pour la première fois dans le *Recueil* des écrits de Foucault. Voici la question à laquelle il se rapporte, question qui d'ailleurs a fait depuis des pas immenses, et à la solution de laquelle le travail de MM. Fizeau et Foucault a certainement contribué.

« Les expériences que nous allons rapporter, disent-ils, ont été entreprises afin de rechercher si les rayons calorifiques donnent lieu, comme les rayons lumineux, à des phénomènes d'interférence. Cette classe de phénomènes, qui résulte des influences mutuelles que deux rayons exercent l'un sur l'autre et en vertu desquelles ces deux rayons peuvent s'ajouter ou se détruire mutuellement, acquiert une importance considérable par les conséquences qui en résultent relativement à la nature de l'agent qui les produit. Ce sont, en effet, ces phénomènes qui ont conduit à abandonner la théorie de l'émission de la lumière, et à considérer celle-ci comme constituée par des mouvements ondulatoires se propageant dans un fluide universellement répandu.

(1) *Recueil*, etc., p. 128.
(2) *Recueil*, pp. 131 et 135.

» Les nombreuses analogies révélées par l'expérience entre les propriétés des rayons calorifiques et celles des rayons lumineux, ont amené à étendre l'idée des mouvements ondulatoires aux rayons calorifiques. Cette manière de voir est généralement admise aujourd'hui, et cependant elle n'est fondée que sur des analogies ; car aucune des propriétés observées jusqu'ici dans les rayons calorifiques ne révèle en eux une nature ondulatoire. L'existence de phénomènes d'interférence serait décisive dans cette question, et fournirait à la théorie de la chaleur rayonnante une base aussi solide que celle sur laquelle repose la théorie de la lumière.

» La recherche des phénomènes d'interférence dans les rayons calorifiques devait, en outre, jeter un grand jour sur la question, distincte de la précédente et également importante, celle de savoir si la chaleur rayonnante et la lumière doivent être considérées comme étant d'une nature différente ou identique. Les premières expériences de M. Melloni avaient révélé des différences considérables et même des oppositions entre les propriétés des deux agents; ainsi des corps transparents pour la lumière arrêtaient la chaleur, et des corps opaques la laissaient passer. Ces phénomènes ne parurent explicables qu'en admettant une différence de nature entre la chaleur et la lumière ; toutefois, dans ces derniers temps, ce même savant a fait des expériences qui ont donné à la théorie contraire des résultats plus favorables. Dans ses derniers mémoires il se déclare même formellement partisan de la théorie de l'identité. On verra par la suite de ce mémoire combien les résultats de nos expériences sont favorables à cette manière de voir.»

Si la portée de ces recherches était considérable, comme le lecteur le voit, les difficultés de l'observation ne l'étaient pas moins. Il s'agissait, en effet, pour constater que deux rayons de chaleur venant d'une même source, mais ayant parcouru des chemins inégaux, peuvent en combinant leurs mouvements oscillatoires se détruire mutuellement, d'ob-

server des variations de température, toujours très faibles, en des points extrêmement rapprochés, puisque leurs distances sont presque de même ordre que les longueurs d'onde des rayons lumineux. MM. Fizeau et Foucault se sont arrêtés, pour la constatation de ces petits changements de température, à l'emploi de très petits thermomètres à alcool d'une construction particulière, fort sensibles, et sur lesquels le micromètre oculaire permettait de discerner plus nettement encore les plus faibles variations de chaleur ; ils se sont assurés qu'ils obtenaient de cette manière une précision suffisante. Le thermomètre en expérience était fixe, dans une enceinte mise à l'abri de toutes les variations de température accidentelles, et c'étaient les franges d'interférence qui, rendues mobiles par un mécanisme fort simple, venaient tour à tour se poser sur la boule du thermomètre. Le soleil pouvait seul donner une source de chaleur assez puissante pour la production de ces phénomènes délicats ; quant au dispositif propre à fournir les franges d'interférences, les auteurs ont successivement employé les miroirs inclinés de Fresnel, les interférences des rayons polarisés par double réfraction et l'analyse prismatique dont ils s'étaient servis dans leurs recherches antérieures ; enfin, les phénomènes de *diffraction* que l'on observe au bord de l'ombre projetée par un écran qu'éclaire une source lumineuse très vive et très déliée.

Lorsque, dans l'expérience des miroirs de Fresnel, on se sert de lumière blanche, ce qu'il fallait faire ici pour obtenir une intensité calorifique suffisante, la nature complexe des radiations donne naissance, comme on sait, à des franges *irisées*. Mais pour remédier à cette complication, il suffisait de les regarder avec un verre coloré, ce qui ne laissait plus apercevoir que les franges propres aux rayons de la couleur du verre. Un faisceau de lumière solaire introduit par la fente d'un volet et maintenu par un héliostat, venait former au foyer d'une lentille cylindrique une raie brillante ; c'était là la source des rayons

de chaleur que recevaient les miroirs, formés de petites glaces bien planes et bien polies. On déplaçait les franges d'interférence, comme dans les études précédentes, en reculant l'un des miroirs par rapport à l'autre, et afin d'augmenter leur intensité, on les *contractait* dans le sens de leur longueur en leur faisant traverser une autre lentille cylindrique. Le thermomètre, plongé d'abord dans la frange centrale et brillante, recevra successivement l'impression d'une première frange obscure, puis d'une deuxième frange brillante, et ainsi de suite. MM. Fizeau et Foucault ont vu alors le thermomètre monter dans la lumière, descendre dans l'obscurité, alternativement ; mais à cause de la petitesse des effets et de l'incertitude des observations, ils n'ont pu dépasser dans leur examen la troisième frange lumineuse. Le résultat était dès lors très net : aux maxima et minima de lumière, correspondent des maxima et des minima de chaleur.

En ramenant dans un même plan de polarisation les deux faisceaux, ordinaire et extraordinaire, qui sortent d'un cristal biréfringent, on obtient des interférences déjà décrites dans le précédent travail, et au moyen d'un prisme qui disperse ces deux faisceaux, il est possible d'observer les bandes d'interférence dans les diverses couleurs qui composent le spectre. La lame biréfringente employée était du gypse. Comme ce nouveau moyen de produire des franges brillantes et obscures permet de les étudier dans chaque région du spectre isolément, MM. Fizeau et Foucault ont pu, en l'employant, poursuivre l'interférence des ondes de chaleur, non seulement dans toute l'étendue du spectre lumineux, mais dans la partie obscure située en deçà des rayons rouges. Par une disposition ingénieuse, les opérateurs faisaient passer sur leur thermomètre si délié les diverses parties des spectres interférents, et c'est ainsi qu'ils ont constaté les faits suivants : — Lorsque les spectres correspondant aux deux faisceaux, ordinaire et extraordinaire, sont en concordance exacte, il n'y a pas

d'interférence, et le thermomètre indique une action calorifique continue, commençant au delà du violet, croissant lorsque l'on approche des radiations rouges, atteignant son maximum en deçà de celles-ci, puis décroissant et devenant insensible à une distance de la raie A de Fraünhofer égale à celle qui sépare cette raie de la raie E. Dans la région calorifique *obscure*, il existe une véritable *lacune*, de faible largeur, mais entièrement dépourvue de radiations chaudes ; une *raie noire de chaleur*, si l'on peut ainsi parler, analogue aux raies de Fraünhofer dans la lumière. — Lorsqu'il y a, au contraire, interférence entre les deux spectres colorés, la colonne thermométrique monte et descend alternativement, un très grand nombre de fois, non seulement dans la région lumineuse du spectre, mais aussi dans la région obscure ; c'est-à-dire qu'il existe des bandes chaudes et froides, dues à l'interférence, dans le spectre tout entier. — Dans la partie lumineuse, les franges calorifiques coïncident avec les franges optiques. — Dans la partie obscure, la détermination de la position des franges de chaleur offrait de grandes difficultés, à cause des allures capricieuses qu'affecte l'intensité calorifique dans cette partie, ce qui pouvait faire confondre les bandes d'interférence avec les *raies sans chaleur* dont on a parlé plus haut. Cependant, en employant un très grand nombre de déterminations faites en des points très rapprochés, il a été possible d'éliminer cette source d'erreur et de s'assurer du nombre et de la position des franges dues à l'interférence.

MM. Fizeau et Foucault ont employé encore une lame de cristal de roche, taillée perpendiculairement à l'axe de symétrie ; les résultats ont été en concordance avec les précédents. Enfin, les franges de diffraction produites par le bord rectiligne d'un écran ont été étudiées avec beaucoup de soin. Le thermomètre, plongé dans l'espace obscur derrière l'écran, a commencé à monter à une assez grande distance de la ligne d'ombre géométrique ; il s'est élevé

rapidement, au sortir de l'ombre, en entrant dans la frange brillante qui se trouve là, s'est abaissé dans la frange obscure qui suit, et a continué ensuite à descendre, malgré les oscillations que l'on observe encore dans l'intensité lumineuse, jusqu'à ce qu'il restât stationnaire.

Les deux savants physiciens concluent de ces remarquables expériences que *toutes les radiations qui composent le spectre de chaleur, aussi bien dans la région lumineuse que dans la région obscure, ont la propriété d'interférer, et que dans la première de ces régions, l'interférence se manifeste simultanément et aux mêmes points pour les radiations lumineuses et pour les radiations calorifiques.* Ces interférences ne révèlent donc aucune différence de propriétés entre les rayons visibles et les rayons échauffants, tout se passe comme si chaque rayon isolé par la dispersion avait la double propriété d'éclairer et d'échauffer. Toujours, dans les vibrations de l'éther, la chaleur est liée inséparablement à la lumière, au moins dans les vibrations simples, homogènes, et les causes qui affaiblissent la seconde affaiblissent la première. La partie obscure du spectre est le siège de phénomènes semblables à ceux qui se passent dans la région visible, et puisque, au point de vue de la théorie des ondulations, nous ne faisons aucune différence essentielle entre les radiations violettes et les radiations rouges, nous devons aussi regarder ces rayons de chaleur obscure comme ne différant des rayons lumineux que par la durée de la vibration ou la longueur de l'ondulation. Seulement, comme l'ensemble des radiations calorifiques présente une échelle de longueurs d'onde plus étendue que le spectre lumineux, on ne doit pas s'étonner de voir, dans l'expérience des miroirs et dans celle de la diffraction par le bord d'un écran, la confusion s'introduire plus rapidement dans les bandes calorifiques d'interférence, comme l'observation l'a montré.

Le procédé d'expérimentation développé dans ce mémoire devait naturellement conduire à une détermination

de la longueur d'ondulation des rayons calorifiques obscurs. Dans une note communiquée à la Société Philomathique en décembre 1847 (1), MM. Fizeau et Foucault annoncèrent en effet qu'ils étaient parvenus, au moyen des phénomènes d'interférence, au résultat suivant : Si l'on adopte comme unité de longueur le millionième de millimètre, on sait, par les recherches de Fraünhofer, que la longueur d'ondulation des rayons violets confinés dans le voisinage de la raie H sera exprimée par 393, et celle des rayons rouges auxquels appartient la raie B par 688 ; adoptant la même unité, le nombre 1445 représentera la longueur d'onde des radiations calorifiques voisines de la *raie froide* indiquée précédemment, et le nombre 1940 caractérisera la limite de la chaleur sensible.

La Société Philomathique reçut encore, en 1848, la primeur des recherches effectuées par Foucault avec M. J. Regnault *sur quelques phénomènes curieux de la vision au moyen des deux yeux*. Il s'agit ici des phénomènes subjectifs que l'on observe, lorsqu'on projette des rayons lumineux de colorations différentes sur les portions de la rétine qui se correspondent dans les deux yeux. Les auteurs de ce travail physico-physiologique ont constaté que jamais les deux sensations de couleurs distinctes ne sont transmises simultanément au cerveau ; l'un des yeux reste d'abord inactif, puis c'est le tour de l'autre, et ainsi les sensations correspondant aux deux couleurs se succèdent en alternant, bien qu'on observe souvent, dans le champ coloré par l'un des faisceaux, des espèces de *taches* donnant l'impression de la couleur de l'autre faisceau. Puis au bout d'un certain temps, quel que soit l'observateur, les deux ébranlements nerveux se superposent et produisent une sensation mixte. Cette recomposition en teinte mixte se fait de plus en plus rapidement à mesure que l'observateur acquiert l'habitude de cette expérience. Alors, s'il choisit pour les faisceaux éclairants des couleurs complémentaires,

(1) *Recueil*, etc., p. 161.

la sensation produite par la superposition n'est autre que celle de la lumière blanche ; expérience très frappante, et qui contredit d'une manière absolue les observations de Wheatstone.

III

J'arrive au premier grand travail de physique expérimentale exécuté par Léon Foucault après qu'il se fut séparé de M. Fizeau, je veux dire sa détermination des vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau. Depuis longtemps Arago avait indiqué cette expérience et assigné sa portée, très considérable au point de vue théorique, car il ne s'agissait de rien moins que de décider entre le système de l'émission, admis par Newton, et le système des ondulations, si admirablement développé par Fresnel, pour expliquer les phénomènes optiques. En effet, la théorie de la *réfraction*, dans le premier système, exige nécessairement que la lumière, en pénétrant dans un milieu, tel que l'eau ou le verre, où sa direction s'infléchit dans un sens perpendiculaire à la surface réfringente, acquière une vitesse croissante ; tandis que, si l'on adopte les idées de Fresnel, le fait de la réfraction s'explique très nettement en supposant que la lumière se propage moins vite dans l'eau et dans le verre que dans l'air atmosphérique. Une expérience qui eût fait connaître les vitesses de propagation de l'agent lumineux dans l'air et dans l'eau, ou seulement permis de comparer ces vitesses, eût donc tranché cette question si grave. C'est là ce qu'avait fait remarquer Arago, en même temps qu'il proposait d'appliquer à cette détermination la méthode du *miroir tournant*, employée par Wheatstone pour calculer la vitesse de l'électricité. Mais de là à une réalisation pratique, il y avait loin ; donner au miroir tournant la vitesse prodigieuse nécessaire à l'expérience n'était qu'un des côtés de la difficulté, et

M. Bréguet l'avait bien résolu en construisant un mécanisme qui imprimait au miroir une rotation de 1500 tours par seconde ! Il fallait en outre que l'observateur saisît au vol l'image instantanée d'une étincelle brillante réfléchie sur le miroir tournant avec cette énorme vitesse; or, comme le dit M. Bertrand, « un observateur attentif et assidu pouvait, suivant un calcul de M. Babinet, nourrir l'espoir fondé d'apercevoir le rayon une fois en trois ans, dans les conditions d'une bonne expérience. » Aussi considérait-on assez généralement le projet d'Arago comme une ingénieuse et brillante chimère.

C'était cependant cette expérience irréalisable dont Foucault annonçait l'heureux succès à l'Académie des sciences le 6 mai 1850 (1), en décrivant l'habile combinaison à l'aide de laquelle il avait échappé à la difficulté qui arrêtait Arago, et en proclamant la victoire définitive du système des ondulations lumineuses. Ce beau travail forme le sujet de la thèse que L. Foucault soutint le 25 avril 1853 pour le doctorat ès sciences physiques, sous le titre : *Sur les vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau* (2), et c'est dans ce mémoire développé que je vais puiser les détails nécessaires sur la méthode, les appareils et les expériences de l'illustre physicien.

Comme la méthode de Foucault se prêtait à une détermination de la vitesse absolue de la lumière dans un milieu transparent donné, il était assez naturel qu'il résumât au début de son étude les diverses méthodes dont on s'était servi auparavant pour cet objet. La première et la plus anciennement connue est celle de Rœmer, fondée sur les observations des satellites de Jupiter ; laissons Foucault l'exposer lui-même :

« Le phénomène sensible qui dut révéler pour la première fois la vitesse de la lumière, se passe dans les limites de notre système planétaire ; il a été observé et expliqué

(1) *Recueil*, etc., p. 173.
(2) *Recueil*, p. 185.

par Rœmer dans le courant des années 1675 et 1676 ; il consiste, comme on sait, dans l'inégalité apparente des retours successifs des éclipses des satellites qui accompagnent Jupiter. Le premier de ces satellites surtout, à cause de son petit volume, de la rapidité de sa marche et de sa proximité de la planète, offre à l'observation le spectacle d'*immersions* dans l'ombre et d'*émersions* très nettes et faciles à saisir. C'est un flambeau qui s'allume et qui s'éteint à des intervalles de temps réellement égaux, et que l'on observe à des distances variables. Entre l'opposition et la conjonction, la distance de la terre à Jupiter augmente de toute la valeur du diamètre de l'orbite terrestre. Pendant cette période, les émersions seules sont visibles et semblent de plus en plus tardives, par rapport aux instants équidistants où elles devraient paraître quand on les déduit du nombre d'éclipses qui arrivent pendant l'année entière. Entre la conjonction et l'opposition, la distance entre les deux planètes se réduit d'un diamètre de l'orbite terrestre, et pendant cette seconde période, on ne peut voir que les émersions, qui se précipitent de manière à rétablir une compensation exacte. La somme des retards pendant la période d'éloignement est égale à la somme des avances pendant la période de rapprochement, et chacune d'elles donne le temps qu'emploie la lumière à franchir le diamètre de notre propre orbite. Ce temps, mesuré directement aux instruments chronométriques, s'est trouvé égal à $16^m, 26^s$; ce qui donne, en tenant compte de l'espace parcouru par la lumière, une vitesse de 79 752 lieues de 4 000 mètres par seconde (1) ».

L'astronomie fournit une deuxième méthode pour évaluer la vitesse avec laquelle la lumière franchit les espaces célestes ; elle repose sur le phénomène de l'*aberration*. On désigne par ce nom un fort petit déplacement apparent des

(1) L'approximation obtenue par Rœmer était beaucoup plus grossière ; c'est à Delambre que l'on doit le premier calcul assez exact, d'après cette méthode, de la vitesse de transmission de la lumière.

étoiles situées en avant du plan mené par l'observateur perpendiculairement à la vitesse de translation de la terre, déplacement qui les rapproche du point de l'espace vers lequel se dirige la terre au moment de l'observation. Bradley, qui découvrit ce phénomène, en saisit la cause. Nous jugeons de la position d'une étoile par la direction, *relativement à nous*, du rayon lumineux qu'elle nous envoie, et cette direction dépend à la fois de la vitesse absolue avec laquelle le rayon parcourt l'espace et du mouvement par lequel la terre nous emporte autour du soleil. Il y a là une illusion analogue à celle qui se produit quand, la pluie tombant verticalement, nous sommes emportés rapidement par une voiture ouverte sur le devant et nous jugeons, par la direction des gouttes d'eau qui viennent à nous sous la capote, que la pluie est chassée obliquement. Un calcul assez simple montre que la valeur de l'aberration est à peu près celle du rapport de la vitesse terrestre à la vitesse de la lumière ; comme la première nous est donnée par les lois astronomiques, nous pouvons évaluer la seconde, c'est-à-dire la vitesse de la lumière dans l'air atmosphérique. Ce calcul conduit à un résultat qui s'accorde, à 1/200 près, avec celui qui se tire de l'occultation des satellites de Jupiter.

Les deux méthodes que je viens d'indiquer présentaient ce caractère commun et dont l'importance ressortira plus loin, de faire intervenir l'une et l'autre dans le calcul les dimensions de l'orbite que la terre décrit autour du soleil. Était-il à espérer, vu l'énorme vitesse indiquée par ces calculs, que des expériences faites sur les distances relativement si petites que comporte le globe terrestre, missent en évidence le temps presque insensible que la lumière met à les parcourir ? Arago l'avait pensé, ai-je dit plus haut, et M. Fizeau, par une voie bien ingénieuse, avait essayé en 1849 de résoudre le même problème. Décrivons le principe de cette méthode, dont un habile observateur a fait sortir récemment la détermination la plus probable que nous possédions aujourd'hui.

Représentons-nous deux lunettes placées en face l'une de l'autre, à une distance de quelques kilomètres, de telle manière que l'objectif de chacune d'elles forme à son foyer l'image de l'objectif de l'autre. Une source lumineuse très vive, placée près de la lunette A, vient former par ses rayons réfléchis sur une glace transparente une image étincelante au foyer de la lunette, et cela de manière que l'axe du faisceau émanant de ce point coïncide avec l'axe optique de celle-ci. Ce faisceau traverse l'objectif de la lunette A, va se porter sur celui de la lunette B, le traverse, et par suite de la disposition respective des deux réfracteurs, va se concentrer au foyer de B, où un miroir le renvoie sur le chemin qu'il vient de parcourir vers la lunette A. Là, il vient former au foyer une petite étoile brillante, *un écho lumineux*, suivant l'heureuse expression de M. Cornu, que l'opérateur placé derrière cette lunette observerait sans interruption au moyen d'un oculaire, si rien d'autre n'intervenait. Une roue dentée est disposée de façon que, pendant sa rotation, ses dents viennent toutes successivement passer au foyer de la lunette A, et, suivant qu'elles y apportent un plein ou un vide, arrêter ou laisser passer le faisceau lumineux, soit à l'aller, soit au retour. Tant que le mouvement de la roue dentée est peu rapide, la vitesse de la lumière est si énorme que le rayon qui a passé entre deux dents a le temps d'aller se réfléchir à la station opposée et de revenir au point de départ, en passant entre les mêmes dents, frapper l'œil de l'opérateur ; et comme la succession des impressions produites sur l'œil par ces chocs lumineux est très rapide, il en résulte une sensation persistante ; l'observateur voit la petite étoile au foyer à peu près comme si le disque n'existait pas. Mais si l'on accélère la rotation du disque, elle atteint bientôt une valeur telle que le rayon qui, au départ, a passé librement entre deux dents de la roue, trouve à son retour une dent qui l'arrête, et si les entredents sont bien exactement égaux en largeur aux dents elles-mêmes, ce fait, se reproduisant

pour toutes les dents qui viennent successivement passer devant l'observateur, amène l'extinction complète du point lumineux. Concevons maintenant qu'un rouage chronométrique fasse connaître exactement la vitesse de la roue dentée à cet instant ; on en déduit sans peine le temps qu'un des vides met à passer devant l'œil et à être remplacé par un plein, et comme ce temps est juste celui que la lumière met à parcourir deux fois la distance entre les deux stations, comme cette distance est connue, un calcul facile tirera de ces données la vitesse de propagation de la lumière. L'appareil fournit un moyen de contrôler le chiffre obtenu. Si l'on accélère encore la vitesse de rotation de la roue dentée, elle acquerra celle pour laquelle une dent et un entredent passent pendant le temps que le rayon met à effectuer son trajet ; le rayon, trouvant au retour le passage libre, atteindra l'œil de l'observateur, qui verra de nouveau l'étoile. En augmentant progressivement la vitesse du disque, on observera donc des alternatives de plus grand éclat et d'extinction complète de l'image lumineuse, et chaque extinction donnera une détermination indépendante pour la valeur que l'on cherche.

Malgré la simplicité de son principe, cette méthode présente de très grandes difficultés d'application, exige des appareils d'une exécution parfaite, et M. Fizeau, en l'appliquant entre Suresnes et Montmartre en 1849, n'était arrivé qu'à des résultats peu satisfaisants (1).

Voyons maintenant comment Foucault, en apportant à l'idée d'Arago un perfectionnement qui en change presque complètement la nature, s'est proposé de résoudre ce difficile problème.

La lumière solaire, maintenue dans la même direction par un héliostat, passe par une petite ouverture rectangulaire coupée verticalement par un fil de platine, qui forme

(1) Il avait trouvé pour la vitesse de la lumière 70 948 lieues de 4444 mètres par seconde, ou environ 315 000 kilomètres.

la *mire*. Cette mire, le centre d'un objectif achromatique et le centre de figure d'un miroir plan, qui peut tourner autour d'un axe vertical avec une énorme vitesse, sont sur une même ligne droite (1), en sorte que les rayons qui ont traversé l'objectif et sont destinés à former l'image de la mire sont renvoyés par le miroir ; ils iraient donc, si rien d'autre n'intervenait, former dans l'espace une image tournant avec le miroir, mais ayant une vitesse angulaire double. Mais si, pendant une très petite portion du parcours, cette image vient se peindre sur la surface d'un miroir fixe, concave et sphérique, dont le centre de courbure coïncide avec le centre de figure du miroir tournant, les rayons reviendront sur eux-mêmes, se réfléchiront de nouveau sur le miroir tournant, repasseront par le même chemin à travers l'objectif achromatique ; enfin, on démontre facilement que si le miroir est immobile dans un azimut quelconque, ou s'il tourne avec une vitesse assez faible pour que son déplacement soit insensible pendant le temps si court que la lumière met à aller au miroir sphérique et à en revenir, ces rayons de retour, après avoir traversé la lentille, iront former une image, non renversée, coïncidant exactement avec la mire elle-même. Il est facile de vérifier l'immobilité de cette image pendant la rotation du miroir, en plaçant entre la mire et l'objectif une petite glace transparente, inclinée par rapport à l'axe du faisceau, qui rejettera sur le côté ces rayons de retour et permettra de venir, au moyen d'un oculaire convenablement placé, observer et étudier l'image qu'ils formeront latéralement. Ce procédé pour réaliser une image fixe de l'image mobile promenée par le miroir tournant est la découverte propre de Foucault.

Supposons maintenant que le miroir acquière une vitesse très considérable, celle de huit cents tours à la seconde, par exemple, que Foucault a obtenue de son

(1) C'est la *ligne d'expérience*.

appareil. Malgré la petite distance (4 mètres) qui sépare le miroir tournant du miroir concave, malgré la rapidité prodigieuse avec laquelle la lumière franchit cette distance, il arrive, pendant que les rayons lumineux vont du miroir tournant au miroir fixe et *vice versa*, que le premier a tourné d'un angle sensible ; les rayons qui lui reviennent ne sont donc plus réfléchis dans leur direction d'origine ; ils traversent l'objectif, légèrement déviés dans le sens de la rotation du miroir, et vont, après s'être réfléchis sur la glace inclinée, former de la mire une image latérale qui sera un peu déplacée par rapport à l'image primitive ; ce déplacement d'ailleurs, comme il est évident, sera d'autant plus grand que la vitesse de rotation du miroir sera plus grande.

Cette explication suffit, je pense, pour qu'on puisse saisir l'origine de la déviation observée dans l'image de la mire quand le miroir tourne avec une grande rapidité, et voir comment cette déviation est liée avec la vitesse de la lumière. Un calcul assez simple donne exactement l'expression de la vitesse de la lumière *entre le miroir fixe et le miroir tournant*, lorsque l'on connaît la déviation de l'image mesurée au micromètre oculaire, le nombre de tours par seconde qu'accomplit le miroir mobile, et les distances qui séparent la mire de l'objectif, l'objectif du miroir tournant, celui-ci du miroir fixe.

Dans les expériences dont il s'agit ici, Foucault ne se préoccupe pas encore de la vitesse *absolue* de la lumière : son but est uniquement de comparer celles qu'elle affecte dans l'air et dans l'eau. Pour cela, indépendamment du miroir fixe dont j'ai parlé, il dispose symétriquement de l'autre côté de la ligne d'expérience un autre miroir sphérique, et il interpose entre celui-ci et le miroir tournant une colonne d'eau contenue dans un tube horizontal fermé aux deux bouts par des plaques de verre ; ainsi les rayons traversent ici deux fois la colonne d'eau entre le miroir tournant et le miroir fixe, à l'aller et au retour, avant d'aller

former à côté de la première image de la mire une seconde image, déviée comme elle et dont la déviation se mesure aussi au micromètre. Seulement, si la lumière marche plus lentement dans l'eau que dans l'air, elle mettra plus de temps à franchir deux fois l'espace entre le miroir mobile et le miroir fixe, l'angle de déplacement du miroir tournant sera plus grand, l'image de la mire qui répond à la colonne d'eau et qui est facilement reconnaissable à sa couleur verte, sera plus déviée de sa position normale que l'image due aux rayons dans l'air. Le contraire aura lieu, évidemment, si la lumière se meut plus vite dans l'eau que dans l'air. Or, les deux images, parfaitement superposées tant que le miroir reste immobile ou tourne avec une faible vitesse, se séparent dès que la vitesse devient très grande; et l'image qui répond à la colonne d'eau est toujours la plus déviée. Ainsi, comme le demande la théorie des ondulations, la lumière chemine plus rapidement dans l'air que dans l'eau.

La question du mécanisme destiné à imprimer au miroir une rotation très rapide était des plus délicates. Dans l'appareil de Bréguet, cette rotation, transmise par une série de rouages, devenait une cause rapide de destruction pour le système. Foucault eut l'heureuse idée de ne mettre en rotation aucune autre pièce que l'axe même qui porte le miroir tournant, axe vertical maintenu par des pivots d'acier dans des vis réglées à volonté ; une turbine à réaction, montée sur le même axe que le miroir et solidaire avec lui, était mise en mouvement par l'écoulement d'un jet de vapeur surchauffée, qui arrivait par une conduite dans une petite chambre métallique et s'échappait par deux ouvertures à travers les aubes de la turbine ; en réglant l'arrivée du jet de vapeur, on faisait varier à volonté la vitesse de la turbine et par suite celle du miroir. Celui-ci était enchâssé dans un anneau très résistant faisant corps avec l'axe de rotation, et un phénomène curieux s'y manifesta : « L'étamage au mercure ne résiste pas à une rotation de plus de deux cents

tours par seconde, même après s'être consolidé par le temps et après être demeuré deux ou trois années en repos. La partie réfléchissante de l'amalgame qui reste toujours liquide, chassée par la force centrifuge, se réfugie vers les bords, s'écoule dans la monture, et l'on voit apparaître au milieu du miroir une bande mate, qui s'étend de proche en proche, et finit par couvrir la surface tout entière : voilà pourquoi il a fallu recourir à l'étamage solide à l'argent tel qu'on commence à l'appliquer régulièrement dans le commerce. »

Une autre difficulté, résultant de l'énorme vitesse du miroir, réside dans les vibrations destructives qui naissent aussitôt, lorsque l'axe principal d'inertie du système tournant ne coïncide pas très exactement avec la droite qui joint les extrémités des pivots d'acier. L'appareil vibre alors en tournant, et produit un son dont la hauteur a même servi à Foucault pour mesurer approximativement le nombre de tours du miroir en une seconde. Pour obvier à ce danger, Foucault monte sur l'axe principal du miroir une pièce métallique triangulaire, appelée compensateur d'inertie, que des vis permettent de déplacer légèrement dans différents sens lorsque le miroir est déjà monté, de façon à faire arriver d'abord le centre de gravité de l'appareil mobile sur l'axe des pivots, puis à amener l'axe d'inertie en coïncidence avec celui-ci. « Quelque soin que l'on prenne pour opérer cette rectification, dit cependant Foucault, on ne réussit jamais complètement à annuler les vibrations sonores qui se développent sur les pivots; car, lors même qu'on arriverait à équilibrer la masse ainsi qu'à annuler le couple résultant des forces centrifuges, les pivots n'étant pas rigoureusement de révolution, produiraient encore des chocs ou des pressions périodiques qui suffisent pour engendrer un son ; mais on réussit au moins à placer la machine dans de telles conditions qu'elle peut marcher des heures entières sans détérioration appréciable; ce qui est le point essentiel, et constitue la solution pratique des difficultés qui s'opposaient à l'emploi régulier du miroir tournant. »

Je ne donnerai pas ici le détail de tous les moyens ingénieux employés par Foucault pour opérer ces rectifications et éviter toute cause d'erreur ; il faut les lire dans le mémoire même. Il suffira de citer ici les conclusions si nettes de ce remarquable travail :

« Depuis nombre d'années, deux systèmes rivaux prétendent à l'explication des phénomèmes lumineux. Parmi ces phénomènes, l'un des plus simples et des plus apparents, la réfraction, résulte de deux actions opposées de la part des corps, suivant qu'on cherche à l'interpréter dans l'une ou dans l'autre théorie. D'après le système de l'émission, le changement de direction de la lumière serait dû à une accélération subie à son entrée dans les milieux réfringents. Dans le système des ondulations, ce même changement de direction devrait coïncider avec un ralentissement dans la vitesse de propagation du principe lumineux.

» Frappé de cet antagonisme entre les deux systèmes, M. Arago déclare, en 1838, que l'un des deux succombera le jour où l'on connaîtra, par une expérience directe, dans quel sens se modifie la vitesse, lorsque la lumière pénètre d'un milieu rare dans un milieu plus dense, lorsqu'elle passe de l'air dans l'eau ou dans tout autre liquide; en même temps il annonce que le miroir tournant, récemment inventé par M. Wheatstone, servira à réaliser une pareille entreprise.

» Douze années s'écoulent sans qu'on puisse saisir au retour le rayon fugitif réfléchi par le miroir tournant. C'est alors qu'en lui associant un miroir concave, je reconnais que le miroir tournant peut donner à l'observateur l'image fixe d'une image mobile ; image fixe pour une rotation uniforme, mais qui se dévie en raison directe de la vitesse angulaire du miroir et de la durée du double parcours de la lumière entre deux stations très rapprochées. Un calcul très simple montre que l'on obtient ainsi un signe sensible et mesurable de la durée de la propagation du principe lumineux entre deux points distants d'un petit

nombre de mètres. Dès lors il devient possible d'interposer aussi bien de l'air, ou de l'eau, et de juger des vitesses relatives par les déviations correspondantes. Un artifice expérimental permet, en outre, d'obtenir simultanément les deux déviations, de les superposer dans le champ d'un même instrument, et d'en opérer la comparaison directe sans les rapporter à une unité commune, sans qu'il soit besoin de prendre aucune mesure.

» Que l'on modifie la vitesse du miroir ou la distance des stations, ou celles des différentes pièces de l'appareil, les déviations changent de grandeur sans doute, mais toujours celle qui correspond au trajet dans l'eau se montre plus grande que l'autre ; toujours la lumière se trouve retardée dans son passage à travers le milieu le plus réfringent.

» La conclusion dernière de ce travail consiste donc à déclarer le système de l'émission *incompatible* avec la réalité des faits. »

Ainsi que Foucault l'indiquait dans le mémoire dont je viens de donner l'analyse, l'appareil se prêtait à une détermination de la vitesse absolue de la lumière. Cependant, on pouvait se demander si des mesures portant sur un parcours aussi limité, que la lumière franchit en un temps imperceptible, conduiraient jamais à un résultat acceptable. Détourné de ce sujet par d'autres travaux, Foucault mit douze ans à résoudre ce doute, mais il ne recula pas devant les difficultés d'une pareille tentative, et, le 22 septembre 1862, il annonçait à l'Académie des sciences (1) le succès de cette audacieuse entreprise.

L'appareil était resté le même quant au principe, mais pour rendre plus sensible la déviation et diminuer l'influence d'une petite erreur dans la mesure, le parcours de la lumière entre son départ du miroir tournant et son retour avait été

(1) *Recueil*, etc., p. 216.

allongé et porté à 20 mètres, en interposant, non plus *un seul* miroir fixe, mais *cinq*, sur lesquels le faisceau lumineux subissait neuf réflexions successives. La mire micrométrique dont l'image est déviée par la rotation du miroir, consistait ici en une série de traits verticaux tracés sur une lame de verre, à une distance de $\frac{1}{10}$ de millimètre très exactement mesurée ; la relation connue qui existe entre la déviation de l'image, les données numériques de l'appareil, la vitesse de rotation du miroir et la vitesse de propagation de la lumière, servait à calculer cette dernière. La soufflerie à vapeur de la première expérience avait été remplacée par une soufflerie à air imaginée et construite par M. Cavaillé-Coll, le célèbre constructeur d'orgues ; la régularité remarquable de la force impulsive de cette soufflerie, la résistance non moins constante opposée par l'air au mouvement de rotation du miroir, assuraient au bout d'un temps très court la parfaite uniformité de cette rotation. Sa vitesse pouvait d'ailleurs, au gré de l'opérateur, être réglée entre des limites assez étendues au moyen d'un obturateur.

L'innovation la plus importante que réclamait le système pour le but que Foucault avait présentement en vue, et celle qui offrait le plus de difficultés pratiques, c'était l'adjonction d'un appareil chronométrique destiné à mesurer le nombre de tours que le miroir exécute en une seconde. Pour des raisons faciles à saisir, il ne fallait pas songer à établir un *compteur* ordinaire sur le système en rotation. Voici le procédé vraiment ingénieux auquel Foucault s'est arrêté. Les apparitions de l'image, dans l'expérience telle que je l'ai décrite plus haut, sont intermittentes, car elles sont dues à des réflexions sur les miroirs fixes qui ne se produisent que pendant une très courte période de la rotation du miroir tournant ; c'est uniquement à cause de la persistance des impressions sur la rétine que l'image de la mire semble constante. Entre l'oculaire derrière lequel l'œil évalue la déviation de l'image, et la glace transparente où a lieu la dernière réflexion, Foucault fait tourner un disque-écran

dont le bord finement denté empiète un peu sur l'image. Si celle-ci brillait d'une lumière continue, l'observateur verrait les dents se déplacer et bientôt échapper à la vue à cause de la vitesse de rotation du disque ; mais si l'on accélère le mouvement de celui-ci, on atteint bientôt une vitesse telle que le nombre des dents de la roue qui défilent devant l'œil dans un temps donné est précisément égal au nombre de tours du miroir dans le même temps, et, par suite, au nombre des apparitions de l'image qui éclaire la roue. Alors, par un phénomène d'optique connu, celle-ci paraît immobile. Il suffit donc de compter, par un rouage chronométrique, combien de tours le disque effectue en une seconde, et de savoir combien il porte de dents, pour connaître exactement la vitesse de rotation du miroir.

Le seul organe de l'appareil dans lequel Foucault ne trouva pas la précision désirable fut le micromètre ; il y remédia en s'assujettissant à obtenir une déviation constante et mesurant alors avec toute l'exactitude voulue le chemin parcouru par le rayon lumineux. Le résultat de ses mesures, que Foucault produisit avec la conviction qu'il n'était pas en erreur de $\frac{1}{500}$, diminuait dans une proportion très notable la vitesse admise pour la lumière, et la réduisait à 298 000 kilomètres par seconde. Ce chiffre, que rien n'avait fait prévoir jusque-là, donnait lieu cependant à une conséquence des plus importantes au point de vue astronomique, que Foucault signala immédiatement et sur laquelle Le Verrier appela aussi l'attention de l'Académie.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, les méthodes de Rœmer et de Bradley pour le calcul de la vitesse des ondes lumineuses impliquent la connaissance préalable du rayon de l'orbite que la terre décrit autour du soleil, ou de la distance entre ces deux astres, distance qui est elle-même en relation géométrique avec le petit angle sous lequel, du centre du soleil, on verrait le rayon de la terre, et que l'on nomme la *parallaxe* du soleil(1).

(1) V. dans la *Revue Catholique* de 1874 les articles du R.P. Carbonnelle sur l'*Uranométrie*.

Or, cette parallaxe, que divers phénomènes célestes, entre autres les passages de Vénus devant le soleil, conduisent à déterminer, avait été fixée depuis longtemps au chiffre, généralement accepté, de 8″,57, et c'est d'après cette valeur que l'on appréciait le rayon de l'orbite terrestre et, par suite, la vitesse de propagation de la lumière. Celle-ci étant maintenant connue par les expériences directes de Foucault, un calcul inverse permettait d'en déduire la parallaxe du soleil, évidemment ; or, la parallaxe obtenue par ce calcul se montait à 8″,86. Ce résultat, bien inattendu de la plupart des astronomes, s'accordait cependant avec des recherches que Le Verrier poursuivait depuis longtemps dans ses gigantesques travaux sur les mouvements de notre système planétaire. L'étude des perturbations des planètes Mars et Vénus le conduisait en effet, par trois voies différentes, à ces valeurs, remarquablement concordantes entre elles et avec celle que Foucault venait d'assigner :

8″,853, 8″,859 ; 8″,866.

Ainsi, par un heureux rapprochement, les calculs d'un des premiers astronomes de notre temps et les expériences habilement conduites d'un de nos plus ingénieux physiciens s'accordaient à augmenter, dans une proportion très sensible, la valeur de l'une des constantes fondamentales de l'Astronomie.

On me permettra de ne pas abandonner cette période des travaux de Foucault sans dire où en est aujourd'hui l'histoire de ces deux problèmes si étroitement liés, celui de la vitesse de propagation de la lumière et celui de la parallaxe du soleil. Depuis la belle découverte de Foucault, en effet, le premier a été repris avec des soins et une précision exceptionnels par un physicien éminent, tandis que le passage de Vénus sur le soleil en 1874 a fourni aux astronomes une occasion de résoudre le second avec une égale exactitude.

M. Alfred Cornu, qui avait institué, de 1870 à 1872, dif-

férents essais sur des distances peu considérables, a abordé en 1874, sur l'invitation du Conseil de l'Observatoire, la mesure de la vitesse de la lumière, en opérant sur une distance relativement très grande, et avec tous les raffinements de précision dans la construction des appareils, dans la discussion des méthodes et dans l'appréciation mathématique des résultats des expériences (1). La méthode à laquelle il a donné la préférence, après un examen à la fois théorique et expérimental, est celle de la roue dentée, imaginée par M. Fizeau ; elle a été décrite précédemment. M. Ant. d'Abbadie s'était prononcé dans le même sens ; par contre, Verdet penche évidemment vers la méthode de Foucault (2). Sans prétendre trancher ce débat, je dirai seulement que les améliorations apportées par M. Cornu à la méthode et aux appareils de M. Fizeau sont telles, qu'elles équivalent à une transformation complète.

L'opération portait, d'abord, sur une distance beaucoup plus considérable — ce qui est une condition de succès d'après le principe même de la méthode, — et d'ailleurs parfaitement connue, celle de la terrasse de l'Observatoire de Paris à la Tour de Montlhéry ; deux déterminations indépendantes s'accordent à porter cette distance à 22 910 mètres, avec une incertitude inférieure à un mètre. La source de lumière était empruntée, quelquefois au soleil, le plus souvent à la lampe de Drummond, qui réunit les conditions de régularité et de vivacité indispensables pour une réflexion à si grande distance. La lunette d'*émission*, installée à Paris, avait 8 m. 90 de longueur focale et 0 m. 38 d'ouverture libre, dimensions exceptionnelles que la théorie avait indiquées comme favorables au but à atteindre, tandis que le *collimateur* qui produisait l'*écho lumineux* à Mont-

(1) Le mémoire de M. Cornu a paru dans le tome XIII des *Annales de l'Observatoire de Paris* (1876). Je me proposais d'en parler ici avec quelque détail, mais, à raison de son étendue et de sa valeur, il me paraît mériter une étude spéciale que je compte lui consacrer dans un prochain N° de cette Revue. Je me bornerai ici à des indications très succinctes.

(2) *Conférences de physique à l'École normale*, 2e partie, p. 663.

lhéry avait seulement 2 m. de distance focale et 0 m. 15 d'ouverture. Une discussion très savante et très approfondie avait fait voir à M. Cornu qu'il est possible d'atténuer en quelque sorte indéfiniment les erreurs *personnelles*, celles qui dépendent de l'aptitude plus ou moins grande de l'opérateur à saisir la disparition de l'image de retour, en augmentant la vitesse de la roue dentée de façon à observer des extinctions d'ordres de plus en plus élevés. Une seconde modification importante consistait à noter dans chaque expérience distincte, non pas l'instant où l'image de retour disparaît le plus complètement, ce qui prête à des incertitudes sensibles, mais les *deux instants* où l'étoile semble disparaître et reparaître au sein de la faible lumière diffuse qui règne toujours dans la lunette. Par cet artifice, on éliminait encore en grande partie les chances d'erreurs provenant du défaut d'égalité, toujours réel, des dents de la roue entre lesquelles passe la lumière.

Enfin, au lieu de poursuivre la chimère d'un mouvement rigoureusement uniforme du disque denté, M. Cornu a accepté franchement les conditions naturelles de l'expérience, en opérant avec des vitesses constamment variables dans le rouage (vitesses d'ailleurs modifiées au gré de l'opérateur par un frein), mais en enregistrant automatiquement et d'une manière continue ces vitesses variables du disque denté corrélativement avec les époques d'extinction et de réapparition du point lumineux. Pour cela, un cylindre animé d'un mouvement de rotation bien régulier autour de son axe par un moteur spécial, était recouvert d'une feuille de papier enduite de noir de fumée; un chariot mobile parallèlement à l'axe du cylindre portait un système de quatre transmissions électriques indépendantes, qui mettaient en mouvement quatre tracelets, et ces tracelets venaient imprimer sur la feuille noircie, suivant une bande héliçoïdale, les indications suivantes : 1° les battements à $\frac{1}{2}$ seconde d'un pendule réglé par une excellente horloge de Winnerl ; 2° les battements d'un *trembleur* à oscillations régulières qui

subdivisaient la demi-seconde en 10 parties égales et fournissaient ainsi le $\frac{1}{20}$ de seconde ; 3° les instants auxquels la roue dentée achevait une série de 40 tours ou de 400 tours ; 4° les instants où l'observateur voyait disparaître ou réapparaître l'image de retour. Ces indications s'enregistrant régulièrement l'une à côté de l'autre, en développant les feuilles et les examinant à loisir avec un micromètre, le physicien y retrouvait rigoureusement, en face des signaux précis de l'extinction et de l'apparition de l'image, l'indication également précise de l'instant où le phénomène s'était produit et de la vitesse dont le disque était alors animé ; en d'autres termes, du temps qu'une dent mettait à passer devant l'œil de l'opérateur.

Rien dans ces expériences n'avait été donné au hasard : les dimensions des appareils optiques, chronométriques, enregistreurs, avaient été l'objet d'une discussion mathématique approfondie ; le choix des stations, du mode et de l'heure d'observation, les chances d'erreur dépendant des différentes causes et les moyens à employer, soit pour limiter ces erreurs, soit pour en déterminer l'influence possible dans les résultats par une bonne combinaison des observations, tout avait été soigneusement étudié, discuté, vérifié. Cette discussion approfondie (dont les recherches de L. Foucault paraissent n'avoir pas été accompagnées), portant sur 8 feuilles d'expériences qui comprenaient 624 observations régulières, dont les résultats isolés oscillaient comme limites extrêmes entre 294 000 et 307 000 kilomètres, a fourni comme résultat le plus probable, avec une incertitude certainement inférieure à $\frac{1}{1000}$, une vitesse de 300 350 kilomètres par seconde dans l'air, et de 300 400 kilomètres dans le vide de la machine pneumatique. Ce résultat, que l'on doit regarder comme exprimant aujourd'hui la valeur la plus certaine de la vitesse de la lumière, est bien rapproché de celui que nous devons à Léon Foucault, et l'on admirera certainement comment celui-ci, dans des conditions plus délicates et avec des ressources

bien moins grandes, a pu s'approcher d'aussi près de la vérité.

J'ajouterai que, sans être encore entièrement discutées, les observations du passage de Vénus en 1874 paraissent confirmer la valeur de la parallaxe solaire à laquelle Le Verrier s'était arrêté et à laquelle conduisaient les expériences de Foucault. M. Stone, directeur de l'Observatoire du Cap, a obtenu 8″, 86 comme résultat de la discussion des observations d'entrée (1), et 8″,98 par les observations de sortie. Le capitaine Tupman arrive à une moyenne de 8″,81. M. Airy trouve 8″,77, mais en adoptant un mode de correction un peu arbitraire que critiquent plusieurs astronomes.

PH. GILBERT.

(*La fin prochainement.*)

(1) Celles qui se rapportent à l'instant où la planète se dessine sur le disque du soleil.

L'ART FORESTIER

FRANÇAIS

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

TROISIÈME PARTIE

LES DOCUMENTS

—

XIII

Terres incultes et improductives.

Les expositions passent, mais les documents restent, — *scripta manent...*, — surtout quand ils ne voient le jour qu'après la clôture même des expositions qui les ont motivés.

Ceux dont l'art forestier en France a fait les frais et dont l'exposition universelle qui vient de finir a été l'occasion, composent une compacte et importante collection. Généralement concis et féconds en données statistiques et économiques, ils se prêtent peu à l'analyse. Le personnel tout entier de l'Administration des forêts a collaboré à la plupart d'entre eux, en recueillant sur chaque point du territoire les renseignements de détail, coordonnés ensuite, groupés

et résumés par les fonctionnaires du même corps qui y ont généralement attaché leur nom.

Ces documents feront moins, ici, l'objet d'une analyse proprement dite que d'une revue rapide à l'aide de laquelle seront utilisées les plus importantes des données qu'ils fournissent ou qui se dégagent de leur ensemble.

Deux ordres de travaux et de résultats, analogues quoique différents, occuperont d'abord notre attention. Mentionné au dernier alinéa du précédent chapitre, le reboisement des montagnes et des dunes, auquel se lie la mise en valeur des landes entre la Gironde et l'Adour, symbolise en quelque sorte l'avenir de la richesse forestière de la France.

Il est incontestable et incontesté du reste, qu'il n'est dans nos climats sol si ingrat, terre si rebelle à toute production agricole, qui ne puisse, moyennant un choix d'essences appropriées, parvenir à se couvrir de végétation arborescente ou arbustive et à produire du bois. Il est également avéré que toute végétation permanente tend à fixer et maintenir les terres sur lesquelles elle a pris naissance : le multiple réseau des racines qui s'enfoncent suivant toutes les directions dans les profondeurs du sol, s'étalent à sa surface, s'insinuent entre les fentes des rochers et des blocs sous-jacents, finit par lui donner une consistance capable à la longue de résister à toute force de disjonction ou d'entraînement. Par sa grande durée et ses développements, la végétation forestière est seule capable de produire cette force résistante dans toute sa puissance. Il est enfin prouvé par l'expérience que la végétation en général et, au degré le plus élevé, la végétation forestière agit mécaniquement, hygrométriquement et chimiquement sur les conditions atmosphériques, hydrologiques et climatériques d'une contrée : quand la pluie, la neige, un brouillard, une forte rosée s'épandent sur un sol dénudé, une partie retourne par vaporisation à l'atmosphère, une autre pénètre en quantité plus ou moins faible dans le sol, la plus grande partie s'écoule en

eau suivant les lignes de plus grande pente et dans une proportion d'autant plus forte que ces pentes sont plus rapides. Quand les mêmes phénomènes se produisent sur un sol boisé, la portion d'humidité que ne résorbe point tout d'abord l'atmosphère est en partie absorbée par les feuilles, en partie retenue par les rameaux, les branches, les tiges ; la portion qui parvient jusqu'au sol n'y arrive que plus lentement et s'y arrête, retenue d'abord par le spongieux tapis de feuilles mortes et d'humus qui le recouvre, puis s'écoule peu à peu, entravée à chaque instant par les souches, les racines, le pied de toute tige, broussaille, touffe ou brin d'herbe; ce ne sera qu'avec une extrême lenteur, et pour ainsi dire goutte à goutte, qu'elle parviendra au bas de la pente. L'atmosphère est par suite plus humide et la température un peu moins élevée en forêt qu'en plaine, dans une région boisée qu'en une contrée dénudée. D'autre part, dans les sols marécageux ou imprégnés d'un excès d'humidité, les arbres, et plus particulièrement certains d'entre eux, exercent, par l'action aspirante de leurs feuilles sous l'influence de la lumière et de la chaleur solaire , une influence asséchante et assainissante. Effets variés qui peuvent se résumer dans un résultat général de pondération et d'équilibre.

S'il en est ainsi, n'est-il pas exact de dire que l'avenir forestier de la France est dans la mise en valeur par la sylviculture des terres incultes et improductives ? Or le reboisement des montagnes et celui des dunes sont deux cas particuliers, les plus importants il est vrai, de cette vaste question. De plus ils répondent à deux intérêts de premier ordre précédemment indiqués aux chapitres V et VI de la présente étude.

XIV

Reboisement des montagnes.

Soixante-dix vues photographiques de toutes les variétés de travaux exécutés ou entrepris dans les périmètres de reboisement ont été levées et publiées par M. de Gayffier, conservateur des forêts, l'organisateur d'habileté sans conteste et de science consommée de l'exposition forestière française. Avec les monographies et les notes descriptives qui les accompagnent, elles permettent au plus étranger à ces matières de se faire une idée exacte de la nature, de l'importance et du prix de ces travaux (1).

L'écrètement, sur des versants dénudés, des arrêtes qui séparent les ravines, le rejet des matériaux en provenant au fond des thalwegs où les retiennent des fascinages préalablement établis, et bientôt noyés sous ces décombres, préparent le nivellement transversal de ces flancs déchirés. Dans les lits ainsi exhaussés et élargis des ravines, de nouveaux fascinages suffisamment rapprochés provoqueront à chaque chute d'eau ou fonte de neige, des séries d'atterrissements et retarderont, en le divisant par d'incessants obstacles, l'écoulement des eaux. Dans chaque recoin, dans chaque ligne de plus grande pente, des fascinages multipliés et solidement assujettis par des piquets de mélèze enfoncés de 80 centimètres dans la roche, retiennent les matériaux arrachés par les eaux aux flancs de la montagne. Puis, au fond du ravin qui sert de bassin de réception aux ravines ainsi consolidées, se dressent des obstacles analogues mais plus vastes, plus importants, plus espacés ; ce sont tantôt de petits barrages rustiques en pierre sèche, tantôt des clayonnages transversaux formés avec des boutures et des plançons de saules et autres essences d'un

(1) *Reboisement et gazonnement des montagnes.— Monographies de travaux exécutés dans les Alpes, les Cévennes et les Pyrénées.* 1 volume gr. in-4° de VIII-365 pp., sans nom d'auteur. Paris, Imprimerie nationale. 1878.

enracinement facile entrecroisés autour de longrines verticales, elles-mêmes consolidées par des moises que des pieux obliquement enfoncés rattachent au sol d'amont.

Enfin, dans le lit du torrent principal, réceptacle commun de tout ce que charrient ravins, ravines et sillons de tous les versants qui l'entourent, s'élèvent de vastes et coûteuses constructions, des barrages en maçonnerie hourdée au ciment hydraulique avec couronnement en pierres de taille. Le parement d'amont est rectiligne et vertical ; celui d'aval est disposé en arc de cercle concave vers la pente. Le couronnement forme lui-même une dépression concave vers le ciel. Les hauteurs verticales de ces barrages, qui varient avec la disposition des lieux, ne sont jamais inférieures à plusieurs mètres. Un ou deux pertuis, quelquefois plus, placés dans la verticale au centre de la concavité, permettent aux eaux d'infiltration de se faire jour sans miner la maçonnerie. Un épais radier, parfois consolidé par des pièces de mélèze solidement entrecroisées et noyées dans sa maçonnerie, lui-même terminé souvent par un petit parement vertical formant contre-barrage, reçoit le choc de la colonne d'eau tombant des pertuis et du couronnement du barrage (1). Dans l'épaisseur de celui-ci on ménage, quand les circonstances s'y prêtent, un canal de dérivation pour conduire une partie des eaux torrentielles sur des terres qu'elles arroseront et fertiliseront.

En amont d'une construction de cette puissance qui d'ailleurs soutient, consolide et peut rendre inébranlables les berges sur lesquelles elle s'appuie, un dépôt de matériaux, terres, vases, pierres etc., se forme et s'agrandit à la suite de chaque orage ; l'atterrissement ne tarde pas à affleurer le couronnement, ayant exhaussé et élargi le lit du torrent jusqu'à des distances prévues ; un second barrage analo-

(1) Quelquefois le radier est construit horizontalement et en contre-bas du thalweg au pied du barrage : l'eau que débite celui-ci ne tarde pas à former ainsi une sorte de petit lac, un vrai matelas d'eau qui amortit, lors des grandes crues, le choc de la colonne d'eau tombant de son couronnement.

gue au premier, s'élève à la naissance de l'atterrissement que celui-ci a provoqué, puis un troisième en amont du deuxième, et ainsi de suite.

Sur ces atterrissements successifs, vastes gradins inclinés dont chaque barrage de pierres forme à l'aval le parement vertical, deux clayonnages longitudinaux marquent les rives du nouveau lit du torrent, tandis qu'une série de clayonnages transversaux, de dimensions moindres, produisent en petit, d'un barrage à l'autre, l'effet que réalise en plus grand sur l'ensemble la série même des barrages en maçonnerie. Dans ce lit ainsi exhaussé et élargi, sur les berges aux pentes ainsi adoucies, des saules, des peupliers, des platanes, des essences feuillues de toute sorte égayent de leur verdure les abords de ce thalweg naguère aride, morne et désolé.

Parfois de tels travaux ne suffisent pas à consolider des versants composés principalement de marnes liasiques *(terres noires)* que rien ne défend contre l'action souterraine des eaux d'infiltration. Des glissements de versants entiers, et sur une épaisseur qui peut s'élever à plusieurs mètres, sont alors à craindre, fussent-ils couverts de végétation, même forestière. Des travaux de drainage judicieusement conçus et établis de manière à détourner, au moyen de rigoles remplies de pierres ou même pavées, les eaux souterraines de la direction, que, livrées à elles-mêmes, elles eussent suivies, préviennent de tels dangers.

Quelquefois la pente d'un torrent ou d'un ravin est si rapide sur une section donnée, ou bordée de berges tellement affouillables, qu'aucune suite d'obstacles, si rapprochés fussent ils, ne saurait par des atterrissements adoucir efficacement cette pente ou préserver ses rives de la corrosion. Alors, par une série de radiers reliés et parés au moyen de perrés et de seuils successifs, on emprisonne en quelque sorte le cours du torrent sur un lit inaffouillable, jusqu'à ce qu'un adoucissement naturel de la pente ou un changement dans la nature du sol permette de rentrer

dans l'ordre normal des barrages et des clayonnages.

Dans certains cas des digues longitudinales s'ajoutent aux barrages ou en assurent la solidité en forçant le torrent à rentrer dans un lit qu'il avait quitté ou à s'en creuser un nouveau en un sol moins affouillable et plus consistant.

Par cet ensemble de travaux et d'autres encore dont le choix est dicté aux agents forestiers par les circonstances orographiques, géologiques et hydrologiques de chaque périmètre, les opérations de reboisement proprement dit sont rendues possibles et peuvent être entreprises avec toutes chances de succès.

Dans les plus hautes régions des Alpes, aux altitudes qui atteignent et dépassent 2 000 mètres, on sème, parmi les pierres et les rochers, des graines de pin cembro ; sur des sillons tracés et cultivés horizontalement, des graines de plantes fourragères et arbustives à l'abri desquelles seront semées plus tard, aux mêmes altitudes, des graines de mélèze ; au-dessous des graines de pin noir d'Autriche, de pin sylvestre, de pin à crochets, d'épicéa, etc. — Sur les berges des ravins, le cytise des Alpes, le sorbier des oiseleurs, le prunier de Briançon (1) et autres feuillus sont plantés. Entre les bandes horizontales on sème du gazon qui permettra plus tard aux graines résineuses répandues à leur tour de prendre racine. Là où dominent les terres noires et peu stables du lias, on plante en cordons horizontaux des boutures de saule, des plants d'acacia et autres feuillus.

C'est ainsi que, protégé par sa puissante armature de barrages, de digues, d'obstacles de toute espèce, le bassin tout entier d'un torrent dévastateur voit la verdure, une végétation plantureuse, germe de richesses incalculables pour l'avenir, remplacer les ruines, la désolation, le désert.

(1) Le prunier de Briançon est un arbrisseau de 2 à 5 m. de hauteur, très fréquent dans les sols granitiques du Briançonnais, de la Maurienne, du Graisivaudan entre 1500 et 1700 mètres d'altitude. Il se retrouve aussi dans les Alpes-Maritimes. — A. Mathieu, *Flore forestière*, 3e édition.

Ces magnifiques opérations ou leurs analogues ont été entreprises dans les Alpes, les Cévennes et les Pyrénées.

Le périmètre de Faucon, dans les Basses-Alpes, qui comprend le système des vastes torrents du Bourget et de Faucon avec les grands ravins de la Marquise et de la Buriane, est, depuis 1863, l'objet d'un ensemble de travaux qui réunissent presque tous ceux que l'on vient d'indiquer. Compris entre les altitudes de 2 800 mètres (3 000 mètres aux points culminants) et 1 200 m., ce périmètre, dont les travaux n'ont encore eu lieu qu'au torrent du Bourget et aux nombreux ravins qui y affluent, a reçu jusqu'ici plus de 2 000 fascinages ; les clayonnages construits tant sur les atterrissements des barrages principaux que dans le lit des ravins secondaires, dépassent une longueur de 2 600 mètres courants. Les barrages sont au nombre de vingt-deux, et le plus important, placé dans la région inférieure du cours d'eau, ne cube pas moins de 781 mètres de maçonnerie. On a employé en semis 12 400 kilog. de graines résineuses, 46 000 kilog. de graines fourragères et arbustives, près de trois millions de plants résineux, et 2 200 000 plants feuillus et boutures.

La dépense s'est élevée jusqu'ici à 376 750 francs, dont 19 500 en chemins et sentiers qui serviront à l'exploitation de la future forêt (leur développement n'est pas inférieur à 40 kilomètres). Dans cette somme les barrages comptent pour 128 000 fr., les fascinages et les clayonnages pour 44 000, les travaux d'enherbement pour 27 000 et ceux de reboisement proprement dit pour 90 000 (1). Mais la plus-value immédiate qui résultera de l'ensemble des travaux par suite des parties des cônes de déjections qui pourront être mises en valeur et de la sécurité acquise pour deux villages et pour les diverses cultures de la montagne, dépasse un million de francs, sans tenir compte bien entendu de la richesse forestière à venir.

(1) *Reboisement et gazonnement des montagnes.* Passim.

De tels résultats, qui se constatent sur tous les points où les travaux de restauration et de reboisement des montagnes ont été poussés jusqu'à un suffisant degré d'avancement, sont encourageants sans doute. Ce n'est encore, toutefois, qu'un encouragement. Ils n'existent que sur la surface des périmètres *obligatoires*, c'est-à-dire dont l'État s'est emparé par voie d'expropriation pour se charger seul des travaux. Dans les périmètres *facultatifs*, abandonnés au bon vouloir des propriétaires, peu de chose a été fait. De telles dépenses, en France au moins, ne sont pas compatibles avec l'état des fortunes privées, surtout dans des contrées appauvries de longue date, précisément par le fléau auquel il s'agit de porter remède. Or, depuis 16 ou 17 ans que les périmètres obligatoires sont en œuvre, — on a commencé en 1861, — les travaux n'ont guère embrassé plus de soixante à soixante-cinq mille hectares, soit en moyenne un peu moins de 3 800 hectares par an (1). « En faisant la part des tâtonnements du début, dit excellemment M. Clavé dans la *Revue des deux mondes*, et en supposant que l'on puisse planter et reconstituer dans l'avenir 4 000 hectares par an sans être obligé de revenir sur les travaux déjà exécutés, il ne faudrait pas moins de 283 ans pour reboiser les 1 134 000 hectares qui, d'après l'exposé des motifs de la loi de 1860, réclament cette opération dans vingt-six de nos départements (2). » Mais ce chiffre de onze cent mille hectares est

(1) Les périmètres de reboisement appartenant à l'État offrent une surface de, ci . . . . . 8 264 h.
Ceux des communes, sections de communes, etc., ci. . 155 651
Ceux qui appartiennent aux particuliers, ci . . . 28 523
Total. . 192 438 h. *

Mais il s'en faut presque du tout au tout que les travaux aient porté sur une contenance aussi considérable. Celle-ci représente seulement les emplacements ou *périmètres* officiellement désignés comme réclamant avec le plus haut degré d'urgence les opérations de préservation et de reboisement.

* *Statistique forestière*, p. 130.

(2) *L'exposition forestière* par M. Jules Clavé, dans la *Revue des deux mondes* du 1er novembre 1878.

beaucoup trop faible, car les causes de la dégradation et et de la ruine des montagnes produisent leurs effets d'une manière bien autrement rapide que les travaux de restauration : et pour quelques centaines ou quelques milliers d'hectares laborieusement reconstitués chaque année, c'est probablement par dizaines sinon par centaines de mille qu'il faudrait évaluer ceux qui sont dévastés et ruinés à nouveau.

D'ailleurs la loi de 1860, en permettant la continuation du pâturage dans toute la partie des périmètres non immédiatement soumis aux travaux, — et ils ne peuvent y être soumis qu'à raison de 1/20 de leur surface par an, — a maintenu la cause première de tout le mal. Toute forêt, toute montagne abrupte soumise au pacage des chèvres ou des moutons, porte en elle-même le germe fatal, en un temps donné, de sa destruction, de sa ruine radicale. Pour prévenir les effets de cet incessant danger, l'Administration des forêts s'efforce d'introduire dans les Alpes et dans les Pyrénées le pâturage des vaches pour le substituer au pacage des moutons.

La bête bovine n'a pas comme la bête ovine le pied étroit et aigu, le museau effilé, les mouvements nerveux et saccadés, une voracité sans limites. Son sabot large et paisible foule le sol sans l'ébranler ; ses naseaux écartés ne lui permettent pas de déchausser la touffe d'herbe et d'en dévorer la racine ; elle tond avec régularité du gazon la largeur de sa langue et laisse le sol intact. D'ailleurs la quantité de lait que donnent les vaches étant en raison inverse de leur nombre sur un parcours donné, ce nombre se limite de lui-même et ne dépasse point, comme celui des moutons, élevés pour leur laine, la *possibilité* des herbages.

Pour substituer peu à peu le pâturage des vaches à celui des moutons, l'Administration s'efforce d'introduire dans les Pyrénées et les Alpes l'industrie pastorale du Jura, c'est-à-dire les *fruitières*, qui sont des associations de

propriétaires de bestiaux pour la fabrication, par l'apport de lait quotidien de chacun d'eux, de ces vastes meules comestibles connues sous le nom de fromages de Gruyère. Ces tentatives sont accueillies avec faveur par les populations, et réussissent assez bien, grâce toutefois aux subventions fournies par l'État. Mais, même en supposant définitivement fondées et se suffisant à elles-mêmes les associations fromagères existantes, combien ne faudrait-il pas de temps pour que l'usage s'en répandît au point de faire disparaître les deux millions de moutons indigènes et étrangers qui, chaque printemps, fondent sur les versants de nos montagnes et les dévastent comme des nuées de sauterelles ? Si donc la tentative de l'introduction des fruitières dans nos deux principales chaînes de montagnes est une tentative heureuse, on peut dire qu'elle est insuffisante. Il faut de plus, c'est encore M. Clavé qui a la parole, « il faut que les pâturages, reconstitués et convenablement aménagés, soient relégués sur les sommets des montagnes, là où la végétation arbustive fait place aux innombrables graminées de la flore alpestre (1). » Alors, avec des pentes reboisées et couvertes de forêts plantureuses ; avec des ruisseaux, des cascatelles, des cours d'eau réguliers et limpides, auxquels auront fait place les anciens torrents désormais taris ou réduits, avec des canaux d'irrigation « quintuplant le rendement des prairies » et permettant de nourrir sans danger « un bétail nombreux et choisi, » on aura atteint le but : on aura arrêté une ruine progressivement croissante, restauré de vastes contrées qui se dépeuplent aujourd'hui d'une manière effrayante, créé en ces lieux d'incalculables richesses et, par surcroît, restreint dans une très importante mesure le fléau des inondations périodiques de nos bassins principaux. Mais, pour arriver là, ce n'est pas sur trois ou quatre mille hectares par an que l'opération devrait s'étendre. Elle devrait

(1) M. J. Clavé, *loc. cit.*

occuper, sur des étendues dix fois plus considérables, des légions d'ouvriers qui s'attacheraient au sol qu'ils auraient fondé et ne songeraient point, enrichis par la terre, à s'égarer dans les vaines et décevantes querelles du capital et du travail.

XV

Boisement des dunes du sud-ouest.

Partout où les rivages de la mer datent de la période géologique actuelle, dans la Baltique, la Méditerranée et la mer Noire, comme dans l'Atlantique et la Manche, il existe des dunes, c'est-à-dire des apports, par les flots, de sables que les vents poussent ensuite peu à peu dans l'intérieur des terres. Plus ou moins intense suivant l'orientation des côtes, la direction des courants marins et des vents dominants, le fléau des dunes n'a été, nulle part plus qu'en France, combattu et réprimé par d'importants travaux, et nulle part en France plus que sur le littoral qui s'étend de l'embouchure de la Loire à celle de l'Adour (1).

C'est en 1780 que Brémontier eut, comme on l'a vu plus haut (VI) l'inspiration heureuse de fixer par la végétation des pins les dunes existantes, de les immobiliser et d'en arrêter l'envahissement dont la marche vers l'intérieur des terres progressait moyennement de vingt mètres par an. Plus heureuse que ne l'a été jusqu'ici l'œuvre trop peu développée encore du reboisement des montagnes, l'œuvre de fixation des dunes a généralement dompté le fléau qu'elle avait mission de combattre, « et aujourd'hui les 85 000 hectares de dunes qui menaçaient de plus en plus les terres voisines, sont couvertes d'une riche végétation forestière qui

(1) Des travaux de fixation des dunes s'exécutent aussi dans le Nord, le Pas-de-Calais, la Somme, le Finistère, le Morbihan, la Loire-Inférieure. (*Statistique forestière*, p. 570.)

en arrête la marche (1). » Mais ce fléau, dont la cause ne peut être supprimée, n'en est pas moins présent, toujours en quelque sorte aux aguets de la moindre issue par où il puisse pénétrer et reprendre la série de ses ravages, comme la bête féroce dont parle l'Écriture, *quærens quem devoret*. La vigilance du forestier ou de l'ingénieur doit donc être toujours en éveil. D'ailleurs il est des points où les travaux premiers ne sont eux-mêmes pas terminés. La presqu'île de la Coubre en particulier, située entre l'embouchure de la Gironde et l'île d'Oléron et dans des conditions météorologiques exceptionnellement difficiles, offre encore aujourd'hui l'aspect de travaux et de résultats d'une importance telle, qu'au temps de M. de Vasselot de Régné alors sous-inspecteur des forêts à Royan, qui les a longtemps dirigés, les gouvernements de Hollande (1866) et de San-Francisco (1873) y ont envoyé prendre des renseignements en vue d'exécuter des ouvrages analogues (2).

Sur toute la partie du littoral comprise entre l'embouchure de la Gironde et celle de l'Adour, les dunes s'étendent sur une longueur de 240 kilomètres et une largeur de 5 à 8 qui se réduit même à 300 mètres vers le nord et le sud de la côte (3), formant une série de collines dont la hauteur moyenne ne dépasse guère cinquante mètres bien qu'elle puisse s'élever jusqu'à cent. Leur direction générale suit celle du rivage; elles forment des chaînes parallèles séparées par de petites vallées souvent marécageuses ou parsemées d'étangs et appelées *lettes* ou *lèdes*. Les massifs de pins dont elles sont couvertes ont depuis longtemps arrêté leur

(1) M. Chambrelent, ingénieur en chef des ponts et chaussées. — *Assainissement et mise en valeur des landes de Gascogne* (p. 72). — Un vol. in-8° — Paris Dunod, édr. — 1878.

(2) M. de Vasselot de Régné, inspecteur des forêts. *Notice sur les dunes de la Coubre* (Charente-Inférieure), (p. 13). in-4° — Paris, Imprimerie nationale. — 1878.

(3) M. Croizette-Desnoyers, garde général des forêts. *Notice forestière sur les landes de Gascogne*. — Broch. in-12°. — Clermont, Oise, imprimerie Daix. — 1874.

marche envahissante vers les terres. Mais en cela ne consiste que la moitié de l'œuvre à accomplir : ce n'est pas tout que d'arrêter les dunes existantes, il faut encore apporter un obstacle à la formation des dunes nouvelles, et c'est sur cette œuvre de préservation que doit porter l'effort permanent du forestier. Sans quoi les dunes boisées et fixes de l'intérieur finiraient par être ensevelies sous les nouvelles dunes mobiles, et le fléau enrayé pour un temps reprendrait de plus belle sa marche envahissante et irrésistible.

On parvient à arrêter la progression des sables par la formation artificielle d'une dune *littorale* disposée ordinairement d'une manière inverse à celle des dunes naturelles.

Quelques mots d'explication sont ici nécessaires.

Le sable marin, composé de particules trop volumineuses et trop lourdes pour être emportées par le vent comme des grains de poussière, mais trop ténues et trop légères d'autre part pour lui opposer une résistance absolue, est balayé vers les terres par les vents du large et forme d'abord un plan légèrement incliné dont la pente regarde la mer. Sur ce plan, une nouvelle couche de sable est poussée, et, arrivée au sommet de la pente, retombe brusquement de l'autre côté. A chaque apport sableux la dune élève son sommet, développe du côté de la mer son plan, incliné de 10 à 25 degrés au maximum, et fait progresser de quelques millimètres le pied du versant opposé ou *roître*, dont l'inclinaison n'est jamais inférieure à 50 ou 60 degrés. Dans ces conditions il n'y a aucune limite à la marche de la dune ni à son accroissement en hauteur, la faible inclinaison de 10° à 25° du côté de la mer n'opposant pas d'obstacle à la marche du sable poussé par le vent; et l'on comprend qu'en un tel état il n'y ait ni murailles, ni clochers, ni forêts qui puissent résister à l'engloutissement sous cette marée de sable indéfiniment montante.

Il en irait différemment si la place manquait au sable pour se développer en pente suffisamment adoucie à partir de la laisse de la haute mer. On ne peut songer pour cela

à construire sur la plage une muraille de la Chine pour laquelle d'ailleurs les matériaux manqueraient et qui serait peut-être impuissante à résister à la poussée incessante du sable chassé par le vent. Mais voici l'heureuse disposition qui a été imaginée pour forcer la dune elle-même à opposer un obstacle à la dune.

Parallèlement à la ligne de flot et à quelque distance de la laisse des hautes eaux, on plante une palissade composée de madriers espacés entre eux de 3 centimètres et ressortant au-dessus du sol sur une hauteur de 1 mètre environ. Poussé par le vent du large le sable s'accumule d'abord au pied de cet obstacle, et, par l'effet de son poids, filtre à travers les interstices des planches ; il charge simultanément des deux côtés la palissade qui finit par être entièrement enterrée dans un bourrelet de sable. Des ouvriers munis d'une forte pince à bascule manœuvrée par deux ou trois hommes, exhaussent alors les madriers de manière à leur faire tenir, par rapport au faite du bourrelet, la même hauteur qu'ils avaient primitivement par rapport au sol. Le sable monte toujours et la palissade monte avec lui ; mais comme ici le plan incliné du côté de la mer est en talus rapide et que son inclinaison s'accroît avec la hauteur de la dune artificielle, il arrive un moment où cette hauteur est telle que le sable ne monte plus au delà de la palissade. C'est généralement à une élévation de 10 à 12 mètres que la dune littorale oppose un obstacle au sable, au moins dans les conditions ordinaires.

Mais il se présente une foule de circonstances où le caprice des éléments, la configuration des plages, les sautes de vent, les attaques de la mer, l'effort de la tempête, etc., déjouent les combinaisons les mieux établies ; c'est pourquoi le forestier doit toujours veiller sur son œuvre et, à des difficultés spéciales ou imprévues, opposer incessamment des moyens appropriés. Dans les fortes tourmentes, le sable, sous l'impulsion du vent en furie, peut gravir les roîtres les plus hauts et les plus escarpés, si une végétation

quelconque, gourbet, alfa, tamarix, etc, ne les défend et ne les protège.

A l'abri de la palissade littorale et sans même attendre que le bourrelet de sable se soit formé de part et d'autre des pieux qui la composent, s'organisent des ateliers pour semer de la graine de pin mélangée de graines de gourbet, de genêt, d'ajonc et autres plantes gazonnantes et arbustives : on protège ces semis contre les ravages du vent par des couvertures de ramilles, branchages et broussailles, sous le couvert desquels les diverses graines germent, développent leurs tigelles et ne tardent pas à couvrir le sol du lacis de leurs racines. Une surface de 2 085 hectares a été ainsi fixée, ces dernières années, dans la presqu'île de la Coubre par M. de Vasselot de Régné, au prix de 766 143 fr., soit 367 fr. par hectare, et par là presque toute la région précédemment menacée est à l'abri de l'envahissement des dunes, en sorte qu'il ne reste plus que peu à faire pour achever la fixation de tout ce qui reste encore de sables mobiles sur les côtes de Saintonge (1).

XVI

Boisement des landes de Gascogne.

Les nombreux et vastes pignadas créés par la fixation des dunes sont, dans tous nos départements de l'ouest, un élément de richesse. Les anciennes dunes n'ont pas été seules à en profiter. Qui n'a connu, au moins de nom, ces

(1) Les terrains des dunes soumis aux travaux de fixation et préservation, non encore à l'état de forêts par conséquent, présentent une surface totale de 30 773 hectares, se répartissant ainsi :

A l'État	13 447 hect.
Aux communes .	387
Aux particuliers	16 939
Total. .	30 773.*

*Statistique forestière. p. 130.

fameuses *landes* de Gascogne couvrant, dans le département qui porte leur nom ainsi que dans celui de la Gironde, d'énormes étendues, étangs, marécages et fondrières en hiver, maigres et arides pâtures en été, sillonnées à d'interminables distances, par quelques troupeaux accompagnés de leurs bergers montés sur des échasses ? C'est une immense plaine de 800 000 hectares, naguère déserte et désolée, aujourd'hui en voie de devenir riche et prospère. Un ingénieur distingué a, nouveau Brémontier, fertilisé et mis en valeur, en les couvrant de forêts de pins, ces steppes improductives.

A l'abri du cordon de dunes boisées dont il a été parlé précédemment et qui court de la Garonne à l'Adour, s'étend cette immense plaine en une sorte de triangle dont la base irait de Lesparre au Cap Breton et dont le sommet serait situé un peu à l'est de Lubbon. Le sol en est formé par des dépôts tertiaires composés d'abord d'une couche de sable maigre exclusivement siliceux, de 0^m 30 à 0^m 50 d'épaisseur, reposant sous un sur-sol imperméable appelé *alios* et formé du même sable agglutiné par un ciment organique de matières végétales en décomposition. L'épaisseur du banc d'alios est moyennement de 0^m 40 à 0^m 50. Au-dessous reparaît le sable dans ses conditions ordinaires, mais imprégné d'une humidité qui s'accroît avec la profondeur.

La couche d'alios, absolument imperméable, refuse tout passage, toute infiltration aux eaux que lui amènent les pluies de l'automne et de l'hiver si abondantes dans ces parages ; et ces eaux ne disparaissaient que vaporisées par les chaleurs de l'été. Ainsi l'immense plaine, sans pente apparente, passait alternativement de l'état de vaste marais à celui de désert desséché dont aucune source, aucune trace d'eau ne tempérait l'aridité estivale. De là impossibilité absolue de créer et d'entretenir sur ce sol déshérité aucune végétation. Mais, par une étude minutieuse et approfondie de la région, un jeune ingénieur y reconnut, il y a

quelque trente ans, deux versants à inclinaisons imperceptibles ($\frac{1}{1000}$ à $\frac{3}{1000}$ au plus) dans des directions perpendiculaires et se partageant la presque totalité de la plaine. Il était donc possible d'ouvrir des canaux et fossés d'écoulement et de diriger les eaux sur les nombreux affluents de la Garonne, de l'Adour et des étangs du littoral. Cette importante opération fut commencée en 1849 ; et depuis vingt ans, grâce à un réseau de 2 197 kilomètres de canaux et fossés principaux, les pluies annuelles, trouvant un écoulement, arrosent le sol et le fertilisent au lieu de le stériliser en l'inondant. Partout où la culture proprement dite en raison du peu de richesse du sol n'était pas possible, on a semé du pin maritime et plus rarement du chêne qui entraînait plus de frais. Les communes se sont, toutes à l'envi, associées à ce travail régénérateur ; quand les ressources leur faisaient défaut, elles vendaient une partie de leur territoire pour assainir et boiser l'autre. Beaucoup de particuliers sont entrés eux-mêmes dans la voie des semis ; et aujourd'hui les quatre cinquièmes de l'ensemble, soit 640 000 hectares sont couverts de forêts de pin maritime et parfois de massifs de chênes donnant un bois d'excellente qualité. En même temps la création ou mise en état de 200 kilomètres de routes départementales et de 350 k. de routes agricoles, sans parler du réseau des chemins de fer de la région, facilitait les travaux d'assainissement et préparait des débouchés et voies d'exploitation aux richesses forestières en formation. Si bien que la grande abondance de bois produits en un temps relativement court a provoqué dans la contrée une foule d'industries nouvelles, appelé un accroissement de population et donné aux moindres produits forestiers, même aux menues bourrées des premières éclaircies faites dans les semis de dix ans, une valeur inconnue jusqu'alors. Les menus bois se vendent comme chauffage à Bordeaux, les bois plus forts s'expédient en Angleterre et dans nos divers bassins houillers comme perches de mines, et les bois intermédiaires s'exportent sous forme

de manches à balais jusqu'à Buenos-Ayres (1). Encore laissons-nous de côté un autre produit des pignadas du sud-ouest, la résine, dont il sera question un peu plus bas.

Les travaux ont coûté environ 1 600 000 francs, dont 900 000 pour les fossés d'écoulement et le surplus pour les ensemencements. De moins de 3 millions, la valeur des 290 000 hectares de landes communales s'est élevée à 80 millions. Les 350 000 hectares de landes ensemencées, appartenant à des particuliers et qui ont progressé dans la même proportion, représentaient, au 1er janvier 1877, une valeur de 125 millions. Voilà donc une valeur actuelle de 205 millions réalisée sur un sol qui ne représentait à l'origine que sept à huit millions !

Des églises, des presbytères, des maisons d'école, des mairies, construits ou restaurés ; une extension considérable donnée aux chemins vicinaux et de grande communication ; un grand nombre de puits allant chercher une eau potable et salubre à 3 ou 4 mètres seulement au-dessous de l'alios ; le tout jusqu'à concurrence de 7 millions et demi ; enfin plus de 4 millions placés en rentes sur l'État ; tel a été l'emploi immédiat des premières richesses retirées déjà par les communes des sacrifices qu'elles s'étaient imposés pour l'assainissement et le boisement de leurs landes. De plus, les fièvres endémiques de cette contrée, jadis renommée par son insalubrité, ont entièrement disparu.

En face de pareils résultats, nul n'estimera sans doute que la médaille d'or par laquelle le jury de l'Exposition universelle de 1878 les a distingués en la personne de M. l'ingénieur en chef Chambrelent, leur auteur, n'ait pas été une récompense largement méritée.

(1) M. Chambrelent, *loc. cit.*

XVII

Les bois résineux.

Le bois, nous l'avons dit, n'est pas le seul produit des forêts de pins de nos départements du sud-ouest. On a vu (IV) que le pin maritime (*Pinus pinaster, maritima, burdigalensis*) est, en France, le seul conifère assez riche en résine pour que l'extraction de cette substance soit rémunératrice. On évalue à 15 millions de francs les produits divers en matières fabriquées annuellement avec les gemmes, galipots, barras qui s'écoulent des pins maritimes entaillés à cet effet dans les 711 000 hectares de pignadas créés dans les dunes et les landes de la Gascogne (1). Sur ce chiffre il faut en compter un tiers en essence de térébenthine dont il est exporté en Angleterre, en Belgique et en Allemagne pour 3 000 000 de francs. Le surplus comprend les produits de la distillation, brais, poix, colophanes, pâtes de térébenthine, goudrons, et le galipot (gemme ou résine coagulée) à son état natif; l'Angleterre, l'Allemagne et la Hollande en absorbent encore pour trois millions. La consommation de la France ressort ainsi à neuf millions, auxquels il faut ajouter un million en matières résineuses importées, principalement brais et colophanes d'Amérique.

On extrait la résine en pratiquant sur les arbres des entailles qui, commencées au pied, s'agrandissent d'année en année jusqu'à atteindre $3^{m}80$ de hauteur en 5 ans. Quand l'extraction se fait sur des arbres destinés à vivre long-

(1) Dunes boisées. 60 000
Landes commencées *avant* 1857. . . . . 35 000
Landes commencées *depuis* 1857 . . . . . 615 525
Total 710 525

Les landes communales boisées depuis 1867 n'ont pas encore été soumises au régime forestier.

temps encore, il n'est jamais pratiqué qu'une incision à la fois, et on n'entame la suivante qu'à la suite d'un repos de plusieurs années après l'achèvement de la précédente. C'est ce qu'on appelle le « gemmage » ou « résinage » *à vie*. Une telle opération ralentit la croissance du bois, mais tend à en améliorer la qualité en provoquant les tissus ligneux à s'imprégner de résine dans une bien plus forte proportion. Quand un arbre est destiné à être prochainement abattu, soit par le fait des nettoiements et éclaircies, soit par celui des coupes principales, on le gemme *à mort*, en pratiquant simultanément autour de sa tige autant d'incisions ou *quarres* que la circonférence de cette tige le permet.

Le rendement à l'hectare varie avec l'âge et la dimension des arbres. C'est généralement dans les perchis de 20 ans que l'on ouvre les premiers quarres ; mais il faut que les pins aient atteint 30 ou 35 ans pour rendre annuellement, par le gemmage à vie, près de deux quintaux et demi (240 k.) par hectare. On arrive à quatre quintaux et demi dans les massifs composés d'arbres de 40 à 70 ans.

Recueillie dans de petits pots de terre vernissée assujettis au pied de chaque entaille, la résine est transportée à l'usine dans des barriques contenant 235 litres, correspondant au poids de 250 kilogrammes et d'une valeur de 40 francs. Cette quantité se transforme par la distillation en 45 kilogrammes d'essence de térébenthine et 160 kilogrammes de matières sèches, colophane, brais, etc., laissant une trentaine de kilogrammes de déchet, et donnant un bénéfice net de 14 francs. Une usine, servie par quatre ouvriers, peut ainsi transformer en une seule saison, 2 000 barriques de gemme à 12 barriques par jour et réaliser un produit de 28 000 francs (1).

Il ne faudrait pas toutefois s'endormir sur ces résultats.

(1) M. Croizette-Desnoyers, garde général des forêts : *Notice sur le gemmage du pin maritime.* — In-4°. Paris, Imprimerie nationale, 1878.

L'industrieux Yankee, par suite de perfectionnements incessants apportés dans son outillage et ses méthodes, extrait des immenses forêts résineuses de son pays, d'importantes quantités de résines que, malgré la traversée de l'Atlantique, malgré leur qualité supérieure, il peut cependant livrer à moindre prix.

Il faudra donc, nous aussi, améliorer nos procédés pour pouvoir soutenir victorieusement la concurrence. Une invention récente, lorsqu'elle pourra être exploitée, contribuera sans doute à ce résultat. Les auteurs sont actuellement en instance pour obtenir un brevet à l'effet de fabriquer à l'abri de toute concurrence l'*huile de pin*, une huile extraite des produits du résinage et qui, revenant à un prix moins élevé que le pétrole lui-même, donnerait une clarté plus blanche, plus intense, une lumière plus immobile, sans d'ailleurs présenter les mêmes dangers, puisqu'elle ne serait inflammable qu'à 45 degrés.

Le pin maritime ne se rencontre pas seulement là où l'extrême douceur du climat en rend le gemmage fructueux, c'est-à-dire au sud de la Gironde. Il peuple encore de nombreux massifs forestiers entre la Gironde et la Loire, dans le Maine, la Bretagne et jusque dans les sables de la Sologne ; la Provence et la Corse le produisent aussi dans une proportion notable. D'après la *Statistique forestière* publiée à la clôture de l'Exposition de 1878 (1) cette essence couvrirait 3 pour cent de la surface totale des forêts de la France, soit 275 à 276 mille hectares, dont 95 mille dans les bois soumis au régime forestier. Le rendement annuel de ces derniers serait de 130 mille mètres cubes environ, dont une moitié employés au chauffage (quelquefois même abandonnés sur le parterre des coupes comme en Corse), un cinquième (26 000 m. c.) en étais de mine, un sixième

(1) Un fort volume in 4° de près de 600 pages, dû aux infatigables labeurs de M. Mathieu sous-directeur de l'Ecole forestière de Nancy, secondé du reste par les agents du service extérieur. Paris, Imp. nationale, 1878.

en sciages, planches et voliges, et le surplus, ou un huitième, en charpentes, traverses de chemins de fer et industries diverses (1). La croissance rapide du pin maritime et sa facilité à prospérer dans les sols les plus arides pourvu que les sables siliceux y dominent, le rend précieux dans une foule de circonstances. Peut-être même ne tardera-t-il pas à offrir un nouvel élément de valeur dans l'emploi de ses cônes après extraction des graines, comme matière tannifère pour la fabrication des cuirs (2).

Le pin sylvestre n'a pas moins d'importance, au point de vue du moins de la surface occupée qui serait de 4 1/2 pour cent des forêts françaises, soit 413 000 hectares dont 119 000 dans les bois de l'État et des communes. Mais propagé ou même introduit par la culture partout où les sols rebelles manquent de l'élément siliceux indispensable au pin maritime, le pin sylvestre présente presque toujours, — sauf dans les régions montagneuses et mal frayées où il est indigène,— des peuplements jeunes encore et dont le produit annuel est bien inférieur à ce qu'il sera par la suite. Dans les forêts régies par l'administration publique, ce produit atteint à peine 66 mille mètres cubes, dont les 7/8, ou 87 1/2 pour cent, sont employés en bois de feu. Sur les 12 1/2 pour cent qui restent, 3 pour cent sont convertis en perches de mines, et le surplus en charpente, traverses de chemins de fer et poteaux télégraphiques, sciages divers, lattes, échalas, perches à houblon, pâte à papier etc (3). Rustique et d'une croissance facile, indifférent sur la nature chimique du sol, le pin sylvestre rend de grands services pour le reboisement et la mise en valeur des terrains arides

(1) M. Croizette-Desnoyers : *Notice sur le débit et les emplois des principales espèces de pins.* — In 4°, ibid.

(2) Cette découverte toute récente est due à M. Darnal, garde général des forêts à Royan.

(3) La variété du pin sylvestre employée à la mâture des navires croît exclusivement dans les montagnes scandinaves et au nord de la Russie où elle est connue, comme il a été dit (IV), sous le nom de pin du nord, pin de Riga, pin rouge.

et pauvres. Aussi, à l'exception des régions méditerranéenne et sud-ouest océanique, le rencontre-t-on à peu près partout, si ce n'est dans les montagnes calcaires du Jura, auxquelles suffisent leurs sapins gigantesques et leurs majestueux épicéas. Ce n'est du reste que dans quelques parties des Vosges, des Alpes, des Cévennes et des Pyrénées, qu'il croît d'une manière spontanée.

Les pins d'Alep, à crochets et cembro, n'ont qu'une importance restreinte et locale. Le premier *(Pinus halepensis)*, cantonné dans la région méditerranéenne, couvre encore 1/2 pour cent de la surface boisée de la France : il croît dans les terrains exclusivement calcaires et secs des collines de la Provence et, hors de France, en Syrie, en Barbarie et dans l'Atlas. Un climat chaud et un sol à base calcaire sont pour lui deux conditions indispensables, moyennant lesquelles il s'accommode des terrains les plus déshérités et les plus ingrats. Il donne un bois blanchâtre dans la partie supérieure de la tige et rouge brun au cœur jusqu'à 4^m ou 5^m de hauteur, d'ailleurs assez dur, indifférent aux variations hygrométriques, propre à faire des traverses, des pilotis, des étais, des poteaux télégraphiques, des pièces de batellerie pour bateaux de pêche. On le débite aussi en planches et voliges pour caisses d'emballage, en merrain scié pour tonneaux à plâtre, à ciment, etc. Son principal emploi est le chauffage : sur un produit annuel de 14 500 m. c. dans les forêts régies par l'administration, 10 500 reçoivent cette destination. On ne le résine plus guère, par suite des développements qu'a pris, depuis une dizaine d'années, le résinage dans le sud-ouest ; il ne peut plus soutenir la concurrence. Cinq cents à cinq cent cinquante mille kilogrammes d'écorces de pin d'Alep sont employés chaque année pour moitié en expéditions en Algérie pour la tannerie, et quant au surplus, pour la teinture des filets de pêche, sans parler de celles qui proviennent des bois de particuliers et, réduites en tan pulvérisé valant 8 francs le

quintal sur le port de Marseille, sont expédiées en Sicile et dans divers ports méditerranéens.

Exclusivement montagnard, le pin à crochets *(P. uncinata)* ne se rencontre qu'aux altitudes de 1 500 à 2 000^{m}, dans les Alpes et les Pyrénées, où il couvre 33 à 34 mille hectares, tantôt seul, tantôt associé au mélèze et au pin sylvestre. Son bois est, par suite d'une croissance lente mais très régulière, d'un grain fin et homogène ; excellent pour la menuiserie, il donne aussi de bons étais pour les mines et pourrait fournir, disent les ingénieurs de la marine, par suite de sa flexibilité et de sa forme régulièrement cylindrique, de très bonne mâture. Sa production n'est pas inférieure à celle du pin d'Alep, et près de la moitié de son volume annuel est employé en bois de service et d'industrie diverse. Ces bois n'ont du reste, sur pied, qu'une valeur infime en raison des difficultés extraordinaires de leur exploitation.

D'une autre nature est l'intérêt qui s'attache au pin cembro *(P. cembra)*. Son habitat, dans les Alpes françaises (Savoie, Briançonnais et Embrunais), se tient entre 1 800 et 2 200 mètres d'altitude, en un climat analogue à celui de la Sibérie, sa principale patrie ; avec lui, comme avec le mélèze, finit la végétation arborescente. Noueux et branchu dès la base et, nous l'avons dit, d'une croissance démesurément lente, il ne fournit pas de bois de charpente, mais un excellent bois de menuiserie et d'ébénisterie. On ne connaît en France qu'un seul massif de cembro pur, le massif de Ayes de 355 hectares, près de Briançon, produisant par an 336 mètres cubes dont 268 sont convertis en chauffage. Ailleurs, disséminé un peu partout, le cembro ne donne que des produits insignifiants. Son principal intérêt est donc un intérêt d'observation scientifique et de climatologie, nous allions dire d'ethnographie végétale.

On doit porter un tout autre jugement sur le pin laricio (*P. laricio*) qui, en tant qu'essence indigène et spontanée, ne

se rencontre que dans les montagnes de la Corse de 600 à 1700 mètres au-dessus du niveau de la mer; il y couvre près de 30 000 hectares, sur les 118 000 soumis au régime forestier dans cette île (1), et sa production annuelle y est de près de 50 000 mètres, dont 18 000 seulement sont convertis en chauffage. C'est que, pour le service de l'industrie, son bois est de qualité supérieure, l'aubier toutefois excepté. Le cœur du laricio vaut le mélèze des Alpes. Les arbres qui, l'aubier enlevé, peuvent donner des pièces de charpente sans défaut et ayant au moins 35 à 45 centimètres d'équarrissage à vive arête, avec une forme bien droite, sont expédiés dans les ports d'Italie pour la construction des navires. Les pièces non acceptées pour la marine ou mesurant seulement 25 à 35 centimètres de côté, servent à la charpente ordinaire. En raison de la grande quantité d'aubier, le déchet, lors de l'équarrissage, atteint 40 pour cent du volume grume (brut), auquel il faut encore ajouter 10 pour cent provenant de modes vicieux d'abatage et de débardage. Ainsi réduit à la moitié de leur volume primitif, les pièces de laricio valent moyennement, rendues à port, à Gênes, 75 francs le mètre cube. Ce mode de débit emploie près des 3/5 (28 000 m. c.) de la production totale. Il reste 1/12 ou 3 800 mètres cubes employés en planches, chevrons, poutrelles et madriers, consommés dans les deux îles de Corse et de Sardaigne (2).

Nous arrivons aux trois essences qui, parmi nos conifères indigènes, ont le plus d'importance, tant à cause de la surface de forêts qu'elles couvrent (12 pour cent à elles trois, du sol boisé de la France), que par la magnificence et la longévité de leur végétation, les qualités de leur tissu ligneux, la variété de leur débit et de leurs emplois.

Le sapin commun *(Abies pectinata, argentea, taxifolia)*

(1) La totalité des forêts domaniales, communales et privées de l'île de Corse est de 210 000 hectares environ. *Statistique forestière*, p. 133.

(2) Croizette-Desnoyers, *Débit et emplois des principales espèces de pins.*

est le plus répandu et n'occupe pas moins de 643 000 hectares de forêts, soit 7 pour cent de l'ensemble. Hôte de toutes nos montagnes élevées, il s'y tient, de 255^{m} d'altitude à 1 200^{m} dans les Vosges, et à 1 700^{m} dans le Plateau Central ; dans la chaîne du Jura, de 400 à 1 500^{m}. Dans les Alpes il commence à 230 pour ne s'arrêter qu'à 2 200 ; nulle part il ne monte plus haut et ne descend plus bas. Dans la Corse et les Pyrénées, il s'élève à 2 100^{m}, descendant à 300^{m} dans celles-ci et seulement à 800^{m} dans la première.

L'épicéa *(Picea excelsa)* est moins répandu. On ne le trouve guère en massifs vraiment importants,— soit seul, soit mélangé au sapin, au hêtre ou au mélèze, — que dans les Vosges entre 250^{m} et 1 250^{m} d'élévation supra-marine, dans le Jura entre 500^{m} et 1 550^{m}, et enfin dans les Alpes entre 230^{m} et 2 400^{m}. Il forme sur les hauts sommets de ces trois chaînes une longue bande orientée du nord au sud, et l'on voit que son aire de végétation spontanée s'élève plus haut sans descendre sensiblement plus bas que celle du sapin, au moins à l'état de massifs naturels. Il se rencontre aussi, mais en proportion beaucoup moindre, dans les montagnes du Plateau Central et des Pyrénées. Les surfaces qu'il occupe représentent 3 pour cent de l'ensemble de la propriété forestière, soit 275 000 hectares.

Le mélèze *(Larix europæa)* vient en troisième ligne, ne couvrant que 183 000 hectares ou 2 pour cent ; son aire de végétation, en altitude, est énorme puisqu'il descend jusqu'à 230^{m} et s'élève jusqu'à 2 900^{m} ; il est vrai qu'il ne croît à l'état de massifs forestiers qu'entre 530^{m} et 2 500^{m} (1), ce qui ne laisse pas déjà que d'être quelque chose. Mais il n'apparaît dans ses conditions d'habitat

(1) *Statistique forestière*, pp. 83 (sapin), 87 (épicéa), 88 (mélèze). — C'est entre 1 300 et 2 200 ou, plus exactement, entre 1 600 et 2 000 mètres d'altitude que se rencontrent les forêts les plus importantes constituées par le mélèze comme essence exclusive ou dominante (*Notice sur le débit et les emplois du sapin, de l'épicéa et du mélèze*, par M. Gallot, sous-chef à l'Administration centrale des forêts).

naturel et spontané que sur la chaîne des Alpes, où il forme, de Saint-Gervais en Savoie jusqu'aux abords de Nice, une longue ligne de sommets boisés longeant la frontière franco-italienne.

Il a été donné précédemment (IV) des indications sommaires mais suffisantes sur les qualités spéciales aux bois de ces trois essences. La première, le sapin, sur ses 192 000 hectares soumis au régime forestier, produit annuellement 705 000 mètres cubes de bois, dont 20 pour cent servent au chauffage ou sont convertis en charbon, un peu plus de 1 pour cent est absorbé par la marine et 35 pour cent sont employés en charpente proprement dite. Sur les 44 qui restent, 39 sont affectés aux usages marchands et le reste passe à tous autres emplois : étais, perches, poteaux et traverses ; sciages divers et bois de fente ; industries variées. Pareils emplois sont ceux de l'épicéa dont le rendement annuel, sur ses 75 000 hectares domaniaux et communaux, est seulement de 200 000 mètres cubes ; la répartition en est toutefois un peu différente : ainsi la marine ne fait à l'épicéa que des emprunts insignifiants (1/3 pour cent de sa production totale) ; les étais, traverses, perches et poteaux lui prennent encore moins ; la charpente consomme 26 pour cent de l'épicéa livré à la consommation, et les sciages marchands 39 ; les autres emplois se font dans des proportions à peu près pareilles à celles des emplois similaires du sapin. Quant au mélèze, ses 43 000 hectares régis par l'administration publique, ne rendent que 18 à 19 mille mètres cubes par an : la marine, peut-être à tort, ne lui prend rien, mais la charpente civile recherche avec empressement son bois dur, souple et résistant, dont la durée est également longue, exposé à l'air comme en terre ou sous eau ; elle lui demande 27 pour cent de son volume annuel. En raison des mêmes qualités on en emploie 10 pour cent en traverses de chemins de fer, auxquelles on affecte relativement si peu d'épicéa et de sapin, et 32 à 33 pour cent en sciages marchands et divers qui,

avec ceux des sapins et épicéas des Alpes s'écoulent sur Lyon, Genève, Beaucaire, etc. Le surplus, sauf quelques centaines de mètres employés en bois de fente et en industries diverses, sert comme bois de chauffage (chauffage médiocre du reste) et de charbon qui se consomme dans les pays de production.

Les lieux de consommation de tous ces produits varient avec leur nature comme avec les pays qui les ont vus naître. Les bois d'ébénisterie et de charronnage, les conduites de fontaines, pâtes à papier, etc., ainsi que les merrains, bardeaux, bois de boîtes, lattes, échalas, s'emploient généralement, comme le charbon et le chauffage, dans les départements même qui les ont produits. Les traverses de mélèze sont exclusivement employées dans la partie méridionale du réseau de Paris-Lyon-Méditerranée ; les bois de marine et de batellerie le sont sur la Saône, le Rhône et la Méditerranée ; les charpentes et les sciages marchands des sapins et épicéas de la chaîne des Vosges vont à Paris, en Lorraine et en Champagne ; ceux du Jura et des Alpes s'écoulent à Lyon et dans toute la Provence. Les Pyrénées livrent les leurs au Roussillon, au Languedoc, à la Guyenne ; le Plateau Central et les Cévennes les consomment eux-mêmes ou les envoient aux départements du midi.

XVIII

Les bois de feu et leur importance.

Si, dans nos trois grandes essences conifères indigènes, l'emploi en bois de chauffage et de charbon est plutôt l'exception que la règle, puisque cet emploi n'est le plus souvent que le cinquième de la consommation totale et n'arrive même pas au tiers, on n'en saurait malheureusement dire autant des essences feuillues, dont il nous reste à parler, et parmi lesquelles on voit des bois aussi précieux que le charme, le hêtre et même le chêne, ne fournir au service,

au travail et à l'industrie, au bois d'œuvre en un mot, que la plus infime partie de leur production annuelle, le charme à peine dix centièmes, le hêtre vingt et le chêne vingt-sept, le chêne commun encore, car pour les chênes spéciaux au midi, yeuse, liège, tauzin, kermès, en dehors de leur écorce c'est bien leur totalité ou peu s'en faut, croyons-nous, qui sert au chauffage. L'ensemble de la production annuelle en bois de feu et en bois à charbon de toutes essences dans les forêts soumises au régime forestier, étant de 5 104 000 mètres cubes, le chêne, le hêtre et le charme entrent dans ce chiffre pour un peu moins de 4 millions de mètres (3 911 475) dont près de 2 millions (1 800 000) sont fournis par le premier ; le surplus se répartit entre les autres bois durs feuillus pour un dix-huitième (286 000 m. c.), les bois blancs pour un onzième (442 000 m. c.) et les bois résineux pour un seizième (321 000 m. c.) (1).

La propriété boisée de la France, qu'elle appartienne à des corps abstraits comme l'État, les communes, les établissements publics, etc., ou à des particuliers, dépasse un peu neuf millions d'hectares (9 185 311) ou les dix-sept centièmes de l'étendue du pays tout entier (2). Dans cette contenance n'est pas comprise toutefois la surface des périmètres de reboisement et des dunes encore soumises à des travaux de fixation (3). La portion de la propriété boisée qui est régie par l'Administration publique ou, autrement dit, qui est soumise au régime forestier, comprend les forêts appartenant à l'État et à tous les corps mineurs sous la tutelle de l'État : établissements publics, communes et sections de communes, départements, etc. Ces forêts sont au nombre de

(1) M. Larzillière, sous-inspecteur des forêts : *Notice sur le débit des bois de feu*. In-4°. Paris, Impr. nationale, 1878.

(2) La surface générale de la France est de 52 857 310 hectares dont un peu moins de 1/6 ou 17,3 p. c., est représenté par les neuf millions d'hectares en nature de bois et forêts. (Voir la *Statistique forestière* déjà citée).

(3) Dunes et périmètres occupent ensemble 223 000 hectares.

douze mille (1) et s'étendent sur près de trois millions d'hectares (2) ; l'État en possède à lui seul 967 mille hectares (3) répartis entre 748 forêts ; le surplus, près de 1 900 000 hectares (4) est partagé entre 11 293 communes ou établissements publics propriétaires.

Le chêne commun, le hêtre et le charme occupent à eux seuls les soixante centièmes du peuplement de ces neuf millions d'hectares ; les conifères dont il a été parlé plus haut en occupent vingt autres centièmes et les autres essences de nos forêts se partagent les vingt centièmes restant ou plutôt les seize centièmes, car il en est quatre centièmes qui sont occupés encore par un chêne du midi, l'yeuse ou chêne vert, un arbre de troisième grandeur. Parmi les quatre-vingts ou cent essences de toute grandeur dont plusieurs descendent même au rang d'arbrisseaux et qui composent ces seize centièmes, la plupart ont des emplois industriels importants, nous le verrons par la suite ; ce n'est jamais néanmoins qu'une part infime de leur volume annuel qui reçoit cette destination. Tout le reste est converti en bois de feu (chauffage et charbon) (5).

N'y aurait-il pas dans cette énorme quantité de matière ligneuse dont on ne tire profit qu'en la détruisant, un véritable gaspillage de l'un des principaux éléments de la richesse publique ? Ne serait-ce pas une pratique dans une certaine mesure encore barbare que de ne savoir utiliser qu'en la brûlant, une matière première aussi précieuse que le bois ? Sans doute, si notre production suffisait largement à notre consommation, on pourrait répondre qu'il n'est brûlé que ce qui ne saurait être employé autrement, tous

(1) 12 041.
(2) 2 827 454 hectares.
(3) Exactement 967 120 hectares.
(4) 1 860 334 hectares.
(5) Le hêtre et le charme sont les bois de feu les plus estimés : le charme l'emporterait même sur le hêtre. Toutefois c'est le chauffage des hêtres qui est pris comme unité calorifique pour la comparaison, à ce point de vue, des différents bois entre eux.

nos besoins industriels étant préalablement satisfaits ; et que ce n'est pas un gaspillage que de détruire une matière qui accomplit plusieurs services importants par sa destruction même, alors surtout que cette matière ne saurait être utilisée d'une autre façon. Cette réplique serait jusqu'à un certain point spécieuse, si nous ne demandions pas de bois à l'étranger, si du moins l'ensemble de nos importations se compensait par celui de nos exportations ; mais il n'en est point ainsi : le chiffre qui représente annuellement l'excès des bois que nous achetons à l'étranger sur ceux qu'il nous achète, suit une progession toujours croissante (1) ; et l'étranger lui-même ne nous fournit le plus souvent ce qui nous manque qu'en exploitant abusivement ses propres forêts. Un tel fait témoigne bien des progrès considérables qui restent à faire en économie générale comme dans la science et la pratique des moyens à mettre en œuvre pour tirer le meilleur parti, tout le parti possible, de biens que la Providence prodigue sans doute à l'homme, mais à la charge d'en user selon les règles d'une sage et intelligente épargne.

Quand on pense que onze mille mètres cubes de pins maritimes exploités sont abandonnés chaque année sans aucun emploi dans les montagnes de la Corse, faute de voies et moyens de transport ; quand on songe que la majeure partie de nos hautes montagnes sont encore dépourvues de routes pour permettre aux produits des forêts dont elles sont couronnées de trouver un écoulement rela-

(1) La différence entre nos exportations et nos importations en matière de bois, différence toute en faveur de nos importations, tend toujours à s'accroître. Elle était en 1848 de moins de 28 millions (27 800 000 fr.), de 50 300 000 fr. en 1854, elle était arrivée en 1864 à 99 200 000 fr. En 1874 elle s'est élevée à 128 800 000 fr. ; et enfin, en 1876, à 158 000 000 fr., le chiffre des importations ayant été de 64 400 000 fr. et celui des exportations de 202 400 000 fr. (Voir l'*Annuaire des eaux et forêts* de 1878). Sur cette dernière somme les pièces équarries entrent pour 150 000 000 fr., les merrains d'Italie et d'Autriche pour 62 000 000 fr., les sciages de bois résineux du nord de la Russie et des États scandinaves pour 95 000 000 fr. (J. Clavé, *Revue des deux mondes*).

tivement facile qui leur restituerait leur valeur intrinsèque ; quand on considère que, par suite de ce douloureux état de choses, des bois de service de premier ordre sont brûlés comme un combustible vulgaire dans les foyers riverains ; on est bien fondé à admettre que l'art forestier n'a pas, sur le terrain de l'application pratique, dit encore son dernier mot. Ou plutôt — car ce n'est pas l'art forestier tout seul qu'on peut équitablement ici mettre en cause — il faut bien reconnaître que notre civilisation moderne, si brillante qu'elle soit et à laquelle il manquerait peut-être un peu de cette modestie qui rehausse toujours les mérites les mieux établis, est loin de ne laisser place à aucun *desideratum*, de n'offrir à un examen attentif aucune défectuosité, aucune place pour des réformes et de nouveaux progrès.

Quoi qu'il en soit, la nécessité de faire du feu soit directement avec le bois natif, pour l'alimentation des foyers domestiques et le fonctionnement de certaines usines, soit avec du bois dénaturé et réduit préalablement à l'état de charbon, joue un rôle considérable dans l'emploi des bois en France. Si le chêne, l'essence précieuse entre toutes, y sacrifie plus des sept dixièmes (0.73) de sa production annuelle ; si le hêtre, cet arbre si fécond en emplois industriels infiniment variés et si recherché pour les traverses de chemins de fer, y est compris pour huit dixièmes ; si le charme enfin, ce bois dur, résistant, au tissu coriace et que le frottement n'use pas, y entre pour neuf dixièmes, il faut avouer que nous sommes encore loin du temps où l'on considérera comme une dilapidation ou une prodigalité déraisonnable le fait de brûler, dans la matière ligneuse, autre chose que les ramilles, les éboutures et les déchets.

Sur les 5 104 330 mètres cubes que les seuls bois soumis au régime forestier livrent chaque année à la combustion, il faut compter environ 830 000 fagots et bourrées, 3 743 000 *stères* de bois de corde empilé (1) et

(1) Théoriquement le stère et le mètre cube seraient une seule et même

2 526 000 stères de *charbonnette* c'est-à-dire de brins de taillis de faible circonférence, ne dépassant jamais vingt-cinq à trente centimètres et destinés à être convertis en charbon.

Le rapport du volume du bois au charbon obtenu varie avec la nature de ce bois, le procédé de carbonisation et surtout l'habileté des ouvriers. Un stère de chêne pesant 425 kilog. donnera moyennement 80 ou 85 kilog. de charbon (19 à 20 pour cent de son poids) soit environ 1 hectolitre 35 ; dans des conditions exceptionnellement favorables, le même stère produira 89 kilogrammes (21 centièmes de son poids) ou 1 hectolitre 55 de charbon. Le rendement des bois blancs est moindre et ne dépasse pas 55 kilog. pour un stère pesant 325 kilogrammes ou dix-sept centièmes environ.

Nous parlons ici du charbon fabriqué à la manière ordinaire, le bois étant rangé, sur le parterre même des coupes, en fourneaux ou meules de formes symétriques, recouvertes de terre, de mousse, de feuilles sèches et qu'on fait consumer par un feu lent et étouffé. C'est le procédé le plus généralement employé ; il a l'avantage d'être facile, économique, de ne demander pour ainsi dire aucun outillage, de n'exiger enfin que quelques frais de main d'œuvre. Ses inconvénients sont de laisser s'évaporer en pure perte dans l'atmosphère une masse de produits qui se dégagent du bois sous l'influence des nombreuses réactions chimiques résultant du fait même de la carbonisation, et, plus encore peut-être, « de donner un rendement très variable suivant les circonstances extérieures et en moyenne assez faible (1). »

chose. Mais dans l'application, quand il s'agit de bois, on est convenu de réserver l'expression de *mètre cube* pour désigner le volume plein des bois sans tenir compte des interstices produits par l'empilage. Au contraire, le volume qu'offre, par exemple, un empilement de bûches formant un parallélipipède de 1 mètre sur chaque côté, s'appellera *stère empilé*, ou plus couramment *stère*. — Il suit de là qu'un mètre cube de bois plein fournit toujours plus d'un stère : le rapport de l'un à l'autre est d'ailleurs variable.

(1) M. Larzillière, *loc. cit.*

On a cherché à remédier à ce dernier inconvénient en construisant des appareils de tôle avec cheminées et prises d'air se fermant automatiquement par une combustion trop active, pour carboniser le bois dans ces vases clos dont les diverses pièces peuvent se transporter facilement et s'ajuster sur place. Par l'appareil de M. Moreau, qui carbonise dix stères en trente heures, on obtient 23 à 24 pour cent du poids du bois en un charbon excellent, et par l'appareil de M. Dromart, qui peut contenir vingt stères de bois, 25 pour cent.

Ces appareils sont peu répandus, et il est difficile que leur usage devienne assez général pour supplanter la carbonisation en meule, procédé primitif et élémentaire assurément, mais qui n'exige rien des mises de fonds préalables et relativement importantes que demandent les appareils de carbonisation en vase clos.

Quand on veut non seulement réduire le bois en charbon, mais encore recueillir les matières volatiles que dégage la carbonisation, on opère dans des appareils fixes, dans des usines spéciales qui réalisent leurs bénéfices bien moins sur le charbon, lequel n'a d'ailleurs ni la composition ni la qualité du charbon ordinaire, que sur les produits de la distillation du bois. Il y a en France quinze ou vingt de ces usines situées dans les Ardennes, dans l'Est, en Normandie et dans les Landes. Celle de Courville (Eure-et-Loir) consomme trente mille stères de bois par an dont elle extrait 22 500 quintaux de charbon et 35 000 quintaux d'acide pyroligneux avec lequel on prépare les acides acétiques, l'acétate de soude, les pyrolignites de chaux, de fer, de plomb, et une foule d'autres composés. Les bois durs servent seuls à cette fabrication ; ni les bois blancs ni les résineux n'y sont propres.

XIX

Le charme, le hêtre, le chêne et leurs produits industriels.

Revenons à nos trois essences principales, chêne commun *(Quercus robur* et *Q. pedunculata)*, hêtre *(Fagus sylvatica)*, et charme *(Carpinus betula)*, et envisageons-les non plus comme combustible et bois à charbon, mais comme bois d'œuvre. La part du charme, sur onze cent mille mètres cubes annuels fournis par les bois soumis au régime forestier, est de 38 500, dont les traverses de chemins emploient 2 200, les perches à houblon 1 200, et les étais de mine 21 400. Ce dernier chiffre est d'autant plus remarquable que le charme, incapable de résister à l'humidité et aux variations de température, manque de l'une des qualités les plus nécessaires aux bois de mine ; mais les besoins de l'industrie houillère sont tels, on le verra, que toutes les essences de bois doivent être par elle mises à réquisition. Dans les bois d'industrie, le tour et l'ébénisterie occupent le premier rang : le charme se prête plus que d'autres aux imitations des bois exotiques : par la teinture on en fait du palissandre, voire de l'ébène, auquel se méprendrait un œil médiocrement exercé (5 000 m. c). Les sciages divers (il ne se fait pas de sciages marchands en charme) viennent en troisième lieu (3 500 m.c) rentrant du reste en grande partie, par leur destination ultérieure, dans la catégorie précédente. Le second rang appartient aux bois de fente (4 200 m. c.) et parmi ceux-ci les *formes* de cordonniers absorbent plus de moitié ; le surplus est débité en cerclage, sabotage et même en merrain. Car si le bois à merrain par excellence est le chêne qui convient à peu près seul à la garde de nos vins et de nos alcools, il y a profit à employer des bois moins précieux pour la fabrication des tonneaux destinés à un moins noble usage. Ceux de charme servent à l'envaissellement des huiles d'œillette.

La résistance particulière du bois de charme à la pression et au frottement, sa fibre contournée et coriace, le font rechercher pour les moyeux et jantes de roues, les écrous, vis, chevilles, dents d'engrenage, oreilles de charrues, etc. (800 m. c.) (1).

Les traverses de chemins de fer et le sabotage sont les deux maîtres emplois du hêtre en tant que bois d'œuvre. Le cinquième de sa production affecté à cet usage représente deux cent soixante mille mètres cubes (2) dans lesquels les traverses comptent pour 75 000 et le sabotage pour 63 000. Le bois du hêtre oppose à la compression ou à l'écrasement, à la tension ou traction, et à la flexion, autant de résistance que le chêne et s'il ne sait pas, comme lui, s'affranchir des influences de sécheresse et d'humidité, on y supplée en l'injectant de liquides antiseptiques. D'une fente facile, commode à tailler, point trop lourd, le hêtre convient merveilleusement aussi à la fabrication des sabots. Ses sciages s'exécutent avec un certain soin de manière à faire ressortir les maillures du bois ; l'épure pour la découpe d'une bille de hêtre est souvent fort compliquée ; il s'agit de diriger toujours le trait de scie parallèlement à la fibre du bois, laquelle rayonne autour de l'axe de la tige. Ce débit absorbe 46 000 mètres cubes. Des industries variées à l'infini et qui, sous la dénomination d'industries diverses, produisent toute sorte d'objets, tels que pelles, cercles pour la boissellerie, boîtes,

(1) M. Gast, sous-inspecteur des forêts. *Notice sur le débit et les emplois du charme.*

(2) Seulement dans les bois soumis au régime forestier. — Comme c'est uniquement sur les bois de cette catégorie qu'il existe des moyens de dénombrement et de contrôle précis et assurés, quant au rendement des divers produits forestiers, on n'a pu établir les chiffres de ce rendement que relativement aux bois régis par l'administration. Mais connaissant le rapport de l'étendue de ces derniers avec l'étendue totale, on peut, à l'aide de nos chiffres, se faire par analogie une idée de ce que pourraient être les chiffres généraux.

attelles de colliers, sellettes de harnais, soufflets, etc., etc., ne consomment guère moins de hêtre (38 000 m. c.) ; puis le merrain pour tonneaux à huiles et à matières sèches ou solides, le charronnage pour moyeux et jantes, oreilles de charrues et herses, consomment chacun douze à treize mille mètres, la tournerie (sébiles, bois de chaise, etc.) huit mille.

Incapable de résister aux variations de l'atmosphère et de la température, le hêtre ne donne pas de meilleur bois de mines que le charme, et cependant il fournit encore 3 700 mètres cubes de perches et d'étais.

On voit qu'en dehors de la charpente à laquelle le rend impropre sa susceptibilité aux variations hygrométriques, le hêtre est apte à tous les usages auxquels peut convenir le bois. Encore, dans les constructions constamment submergées, peut-il, à l'état de bois de service, égaler le chêne en durée ; aussi le recherche-t-on pour les pilotis. En cet emploi, comme aussi en charpente dans l'Ariège et les Basses-Alpes et en quilles de bateaux-pêcheurs dans le Finistère, il se consomme par an quatorze à quinze cents mètres cubes de hêtre.

Force, durée, résistance, telles sont, nous ne l'ignorons pas, les qualités distinctives du chêne. Elles ne sont pas les seules. Bois de bonne fente, d'un travail facile, le chêne, scié dans le sens de ses rayons médullaires, offre ces belles maillures si prisées par l'ébénisterie et la menuiserie de luxe. Mais ces dernières qualités ne se rencontrent pas indistinctement dans tous les chênes : ceux qui, gênés dans leur croissance latérale par la continuité du massif, ont surtout crû en hauteur, ou qui n'ont tiré leur subsistance que d'un sol sec et peu fertile, ne formant chaque année qu'une mince couche ligneuse, présentent un tissu poreux, un grain peu serré ; leurs copeaux donnent une cassure nette et sans déchirure : ce sont les *bois gras*, excellemment propres au sciage, à la fente, au tour et à l'ébénisterie. Venu

dans un sol riche, frais et profond ; ayant pu baigner librement une large cime dans les ondes aériennes et lumineuses, le chêne offre un *bois nerveux*, dans les larges accroissements duquel prédomine la couche de bois d'automne ; sa cassure est fibreuse, il se travaille moins bien, la fente en est plus difficile : c'est par-dessus tout un bois de marine et de charpente, un bois propre à faire des étais de mine et des traverses de chemins de fer de premier choix. En un mot, suivant qu'il est gras ou nerveux, le chêne excelle comme bois de travail et d'industrie ou comme bois de service.

Il couvre à lui seul près d'un tiers (29 centièmes) de la surface boisée de la France, et 756 000 hectares des forêts soumises au régime forestier. La variété *robur* ou chêne rouvre domine dans la 1re région ou région tempérée, principalement dans la vallée de la Loire, ainsi que dans les Vosges et le sud-est. — Dans le nord, dans l'est et le bassin de la Saône, plus encore dans la région du sud-ouest, domine la variété à glands pédonculés.

Sans pouvoir attribuer exclusivement la qualité de bois nerveux au chêne pédonculé et celle du bois gras au chêne rouvre, il est exact de dire cependant que le chêne rouvre est plus ordinairement propre au travail, celui du Blésois à la fente, celui des Vosges à la menuiserie et à l'ébénisterie ; et que le chêne pédonculé, principalement dans la vallée de l'Adour et dans la forêt de Saint-Amand (Nord), donne un bois de marine et de charpente des plus estimés (1).

La production de chêne commun en bois d'œuvre est de 656 000 mètres cubes, dont un peu plus de moitié est consommée en travail et industrie, et le surplus en bois de service (2). Il fournit encore 43 400 000 kilogrammes d'écorces à tan auxquelles se joignent les écorces des

(1) MM. Gallot inspecteur et Gast sous-inspecteur des forêts : *Notice sur le débit et les emplois du chêne rouvre et du chêne pédonculé.* — Paris, Imprimerie nationale, 1878.

(2) *Ibid.*

chênes tauzin, yeuse et kermès pour la quantité de cinq millions de kilogrammes, employées toutes à la fabrication des cuirs (1).

Parmi les bois de service en chêne, la charpente occupe le premier rang. Sa production, dans les forêts soumises au régime forestier, est de 164 000 mètres cubes provenant principalement des départements de Seine-et-Oise et Seine-et-Marne employés à Paris et aux environs (20 000 m. c.), de l'Aube et de l'Yonne consommés sur place et à Paris, de la Marne et de la Meuse qui les expédient jusqu'en Belgique, de la Franche-Comté d'où ils sont dirigés partie sur Paris, partie sur les vallées de la Saône et du Rhône. Ceux du département du Nord, qui en fournit encore plus de 4 000 mètres cubes, par an, sont presque tous affectés au *cuvelage* ou boisage des « avaleresses, » c'est-à-dire des puits de mine des houillères du Nord et du Pas-de-Calais : opération extrêmement délicate et de la plus grande importance, pour laquelle le meilleur bois de chêne, dépouillé de son aubier qui est facile à décomposer tout aussi bien que de son cœur sujet à travailler, ne se vend pas moins de 200 à 250 fr. le mètre cube.

Les traverses de chemins de fer viennent après le bois de charpente comme importance en quantité, 60 000 mètres cubes. La Haute-Saône, le Doubs et le Jura sont les trois départements qui en fournissent la plus forte part; ils la distribuent aux compagnies des chemins de fer de l'Est, de Paris-Lyon-Méditerranée, des Dombes, de la Suisse et de l'Allemagne. L'Yonne et l'Aube, la Côte-d'Or, les Vosges, la Meuse, les Ardennes, la Marne, la Nièvre en approvisionnent les mêmes compagnies, plus celles de Belgique et du Luxembourg. Les autres départements livrent les leurs aux chemins de fer dont les réseaux les parcourent ou les avoisinent.

(1) Ch. de Kirwan : *Notice sur l'industrie des écorces à tan.* — Paris, Imprimerie nationale 1878.

Les traverses de chêne équarries, et par suite dépourvues d'aubier, ne sont pas injectées : la résistance naturelle du bois parfait à la décomposition est, dans le chêne, suffisante par elle-même. Les traverses dites *demi-rondes*, qui proviennent d'arbres sciés en deux et en long, et celles qui comprennent une ou deux faces semi-circulaires, contiennent de l'aubier, et il y a utilité de les préparer au sulfate de cuivre ou à la créosote pour que cet aubier acquière la même résistance à la décomposition que le bois parfait. — Le prix du mètre cube de traverses de chêne varie généralement de 35 à 40 fr., en grume et en forêt ; de 40 à 45 fabriqué, et de 45 à 50 fr., fabriqué et rendu en gare (1). La durée moyenne est de 12 à 14 ans pour les traverses de chêne, tandis que pour celles de hêtre et de pin injecté, cette durée n'est que de 10 à 11 ans.

En continuant à énumérer les bois de service en chêne dans l'ordre de leur importance quant aux quantités fournies par les forêts publiques, nous arrivons à la catégorie des étais de mines, perches à houblon et pieux de clôture, qui comprend 41 000 mètres cubes. Les perches à houblon ne se fabriquent guère que dans quelques taillis de Meurthe-et-Moselle, des Vosges et de la Côte-d'Or où elles sont cotées de 4 à 5 francs le cent après écorçage. Ce débit a peu d'importance ; celui des pieux de clôture, qui ne comprend que de petits chênes ou des branchages de peu de qualité dans la Seine-Inférieure et l'Eure, l'Aisne, la Nièvre, etc., est moins important encore. Ce sont les étais de mine qui font la valeur de ce groupe dont ils n'absorbent pas moins des 31 ou 32 quarantièmes (31 630 m. c.) Les mines du Nord, d'Anzin, de la Belgique recherchent les perches et étais de chêne de l'Oise, de Seine-et-Marne, de Seine-et-Oise, de la

(1) Le cube de la traverse intermédiaire varie de 0 ^{mc},082 à 0 ^{mc}, 088. — La traverse de joint a un volume plus fort : 0 ^{mc}, 124 à 0 ^{mc}, 127 environ. — Sur les lignes de l'Est, l'assortiment normal est de quatre traverses intermédiaires pour une traverse de joint. — (MM. Gallot et Gast, *loc. cit.*)

Meuse, de la Haute-Marne et même de la Nièvre. Mons, Charleroi, Namur s'approvisionnent dans le Pas-de-Calais, la Marne, l'Aube. Epinac, le Creuzot, Commentry emploient les étais de chêne de la Nièvre, de l'Indre, de l'Allier, du Cher, de Saône-et-Loire. Le prix varie de 20 fr. à 300 fr. au cent de perches écorcées, suivant dimension.

Les marines d'État et marchande et la batellerie fluviale occupent ensemble, le quatrième rang. Le volume qu'elles emploient est de 26 000 mètres cubes dont 7 000 seulement afférant à la marine nationale qui en prélève d'office et directement 4 500, choisis et désignés par elle, dans les forêts domaniales.

Les débits de ces bois varient à l'infini et suivant des nomenclatures très compliquées. Les prix varient aussi, mais dans de moindres proportions. Les bois de chêne que la marine de l'État achète au commerce sont payés à raison de 70 à 100 fr. le mètre cube en forêt.

Il n'est pas sans intérêt d'observer que, dans les bois de la marine, les chênes provenant de futaie pleine ne figurent que pour vingt-trois centièmes (futaies du Centre et de l'Ouest), tout le reste étant fourni par les taillis composés de la région du Nord et de la vallée de la Saône. Au contraire, si l'on envisage l'ensemble des bois de marine, de charpente et de traverses, on constate qu'ils sont fournis à parts égales par les futaies pleines et les futaies sur taillis. D'où la conséquence que ces dernières sont généralement préférées aux premières pour la marine de l'État. — Les taillis fournissent également les étais et perches en plus forte proportion que les forêts de pleine futaie.

Le rôle que la charpente joue, toujours au point de vue de la quantité produite, parmi les bois de service, les sciages le jouent parmi les 364 000 mètres cubes annuels de chêne de travail et d'industrie. Leur volume est de 163 000 mètres comme *sciages marchands*, ou sciages de formes et de dimensions déterminées par une nomen-

clature connue des hommes de l'art et pouvant servir à tous les usages généraux : il faut y ajouter les *sciages spéciaux* qui sont fabriqués principalement en vue du matériel roulant des chemins de fer et montent à 19 500 mètres. C'est donc un total de 182 500 mètres cubes pour les sciages de toute espèce en y comprenant ceux de luxe ou *sur mailles* qu'on obtient en faisant toujours suivre à la scie la direction des rayons médullaires ou du moins en ne lui permettant de s'en écarter que le moins possible.

Les lattes et échalas d'une part, les merrains d'autre part viennent ensuite, absorbant des volumes à peu de chose près égaux (71 000 et 70 000 m. c.). Les uns et les autres s'obtiennent généralement par la fente ; ce n'est d'ailleurs que par la fente qu'ils possèdent toutes leurs qualités. La fabrication des merrains est très variée : elle ne réalise pas moins de dix types principaux, suivant les régions et aussi la destination des tonnes et fûts à fabriquer. Quelques-uns de ces types se subdivisent : ceux de Bourgogne diffèrent suivant qu'ils sont de Haute ou de Basse-Bourgogne ; ceux de la Loire ont six subdivisions. Puis il y a les merrains à bière du nord et de l'est, le merrain à cidre de la Sarthe ; les merrains de Champagne et des Charentes ; enfin les merrains pour tonneaux à poudre des Ardennes, de la Meuse et des Vosges, les merrains de boissellerie pour mesures de capacité (Aisne, Sarthe, Maine-et-Loire), et, dans quelques départements du nord, du centre et de l'ouest, le merrain à *seilles* et à seaux.

Les chênes crûs en massifs de futaie sont éminemment propres à la fente, on l'a vu précédemment : aussi le quart de leur production annuelle est-il consacré au merrain, tandis que les futaies sur taillis n'abandonnent guère à cette production que le quatorzième de leur volume.

L'inverse a lieu pour les échalas et les lattes qui peuvent se fabriquer avec des arbres de moindres dimensions, y compris même les beaux brins de taillis. Les échalas se consomment surtout dans les pays vignobles ainsi qu'à la clô-

ture des lignes de chemins de fer ; les lattes, qui ne comptent que pour un cinquième dans la production de l'ensemble, s'emploient partout où l'on fait des toitures et des plafonds.

Relativement à l'industrie générale du charronnage, il est un emploi des bois qui occupe une situation analogue à celle de la marine de l'État vis-à-vis de la marine marchande et de la batellerie : c'est la consommation de bois que fait l'artillerie pour le service des arsenaux. Le chêne y figure pour la confection des affûts de canon, des roues, des timons, des caissons. On n'admet que des bois de première qualité et sans aucun défaut. Débité en plateaux de 0^m 08 à 0^m 14 d'épaisseur, le mètre cube se paie, à l'arsenal de Besançon, 180 francs ; en grume, et cubé au cinquième déduit, son prix est de 105 à 125 francs en forêt, auquel il faut ajouter 40 à 45 francs pour le transport à l'arsenal. Il provient des taillis sous futaie de Bourgogne et de Franche-Comté. Les chênes employés dans les arsenaux de Tarbes et de Toulouse proviennent des forêts de chênes pédonculés de la vallée de l'Adour.

La consommation des bois de chêne par l'artillerie est un peu plus du tiers de ce qu'absorbe l'ensemble des industries du charronnage : ce total est de 28 000 mètres cubes. Les pièces qui exigent une grande résistance sous de faibles dimensions, telles que timons de voitures et de chariots, rais et moyeux de roues se fabriquent volontiers en bois de chêne, bien qu'il ne soit pas le seul employé. Une roue parfaite a, dit-on, le moyeu en orme, les rais en acacia et les jantes en frêne.

L'association de bois de diverses essences, en effet, est souvent une condition de fixité et de solidité des objets fabriqués. C'est ainsi que dans l'ébénisterie de luxe, le chêne s'emploie surtout par placages, non pas tant en vue d'économiser la matière que pour rendre les panneaux, lambris, etc., des meubles ainsi disposés, absolument invariables. Sur une feuille ou volige de bois blanc ne jouant pas,

tel que le grisard (peuplier d'Italie) par exemple, on applique à chacune des deux faces une feuille de placage de chêne disposée de telle sorte que ses fibres aient une direction perpendiculaire à celle des fibres du bois blanc. On obtient ainsi une feuille intérieure composée de trois feuilles associées : on ajoute encore sur chaque face un nouveau placage du bois qui doit paraître, chêne, palissandre, érable, poirier, etc., dirigé dans le même sens que les fibres du bois blanc, de manière à être en fibres croisées avec les deux premiers placages. Ainsi préparé un panneau de bois ne peut ni jouer, ni travailler, ni modifier en rien ses dimensions et sa forme.

Les feuilles de placage s'obtiennent à la scie ou mieux encore par le procédé du *tranchage* qui permet de diviser, sans sciure ni déchet, une bille quelconque de bois en lames aussi minces que du papier.

La production des bois soumis au régime forestier en chêne d'ébénisterie est de cinq à six mille mètres cubes (1).

Sans nous attarder aux cent *industries diverses* qui emploient douze à treize mille mètres cubes de chêne en coins, conduites d'eaux, tables de machines à coudre, bois de brosses, etc., etc., nous dirons quelques mots de l'industrie des écorces à tan qui donne aux taillis de chêne une part très grande de leur valeur.

On sait que la préparation des cuirs, pour les faire passer de l'état essentiellement instable et putrescible de *peaux* à cet état à la fois souple, ferme, résistant, que la décomposition ne menace plus, en un mot à l'état de *cuirs*, nécessite un contact prolongé, une sorte de compénétration de la substance appelée tanin. Le tanin se trouve en plus ou moins forte proportion dans l'écorce d'un grand nombre de plantes ligneuses ; mais en nos climats ce n'est guère que le chêne qui en recèle une assez grande quantité pour que l'exploitation de son écorce soit d'un usage général,

(1) MM. Gallot et Gast, *loc. cit.*

partout où il y a, nous ne dirons pas des forêts, mais des taillis de chêne. Les arbres de cette essence qui ont crû en massifs de futaie et dont les tiges, par suite, n'ont eu qu'un contact restreint avec les effluves atmosphériques et surtout avec la lumière solaire, ont une écorce trop pauvre en tanin pour qu'elle puisse être avantageusement employée.

D'autres écorces sont utilisées en tannerie, telles que les écorces d'épicéa des futaies jardinées de la Comté et de la Savoie, celles du pin d'Alep en Provence, et particulièrement les écorces des espèces méridionales du chêne, surtout de l'yeuse (1). Hors de France les écorces de sapin, de bouleau, de saule marceau, de sumac sont utilisées de la même manière. Nous n'avons pas à nous occuper de ces dernières, et les autres sont relativement de peu d'importance.

Les jeunes bois ont plus de tanin dans leur écorce qu'à un âge plus avancé. D'autre part la main d'œuvre est d'autant plus considérable que l'écorcement se pratique sur des brins d'un diamètre plus faible. Il se fait une sorte d'équilibre entre ces deux termes opposés, vers l'âge de douze ans. L'écorce des taillis de cet âge est celle qui se paie le plus cher. Toutefois, comme l'exploitation de taillis de chêne si jeunes est un fait assez rare, c'est généralement dans les taillis de 18 à 25 ans que l'écorce du chêne est le plus recherchée. On décortique aussi les futaies qui ont crû sur ces taillis ; mais l'écorce en est moins estimée. Il est admis

(1) Dans une étude scientifique fort soignée et intitulée *Recherches et expériences sur les écorces à tan du chêne yeuse*, M. Antonin Rousset inspecteur des forêts à Brignoles (Var) fait ressortir, la balance du chimiste à la main, la supériorité de l'écorce de ce chêne sur toutes les autres. Aussi la culture de l'yeuse qui se contente des plus maigres sols, résiste à la chaleur, au froid, aux vents violents, est-elle fort à recommander dans les régions brûlantes et desséchées de nos départements méridionaux. Élevé en taillis *simple* pour son écorce et son charbon, un bois de chêne yeuse peut donner, de 22 à 27 ans, six à sept cents francs par hectare. Pour des terrains secs, caillouteux, impropres à toute culture proprement dite, c'est là, assurément, un satisfaisant résultat.

généralement que trois bottes d'écorce de futaie représentent la valeur de deux bottes d'écorce de taillis.

C'est au printemps, de fin avril à fin juin, que s'exécute l'opération de l'écorçage, au fur et à mesure de la coupe du bois sur pied, retardée à cet effet, au grand dommage du recrû ultérieur. Cette durée est courte; elle est d'ailleurs diminuée encore par certaines intempéries, telles que brouillards, coups de bise, etc., qui, en contrariant le mouvement de la sève, rétablissent momentanément l'adhérence des tissus ligneux et corticaux suspendue par elle.

Aussi est-il rare que tout le bois écorçable d'une coupe en exploitation puisse être décortiqué, et arrive-t-il souvent que la production générale en écorce soit inférieure aux besoins de la tannerie. Pour remédier à cette insuffisance on a cherché à obtenir artificiellement la cessation de l'adhérence de l'écorce avec le bois, et l'on y est parvenu par l'immersion des bois coupés depuis un, deux ou trois mois, dans un bain de vapeur portée à une haute température. Cette invention due à M. Maître, en son vivant maître de forges à Châtillon-sur-Seine et perfectionnée successivement par M. de Nomaison et M. Mouchelet, ingénieurs civils, réalise un progrès important non seulement au point de vue économique et industriel mais encore et très principalement sous le rapport cultural. Déjà l'écorçage à la vapeur se fait dans un grand nombre de forêts, concurremment à l'écorçage en sève. Ce n'est point assez. Il faut que le premier parvienne à supplanter entièrement l'autre. De nouveaux perfectionnements aux appareils et dans les méthodes, permettront de réaliser les conditions *sine qua non* de ce progrès, savoir : obtenir l'écorce à aussi bon marché par le travail artificiel que par le travail fait en sève.

Déjà cette condition a pu être réalisée sur quelques points et notamment par M. Bourdon-Nanquette dans les Ardennes (1), et il paraît constaté que l'immersion du bois

(1) Ch. de Kirwan, *loc. cit.*

débité dans la vapeur surchauffée, le durcit, l'assèche, lui donne plus de durée, de résistance et de valeur calorifique, en un mot accroît sa qualité (1).

Une fois extraite et suffisamment sèche, l'écorce se façonne en bottes ayant généralement 1 m. 17 de circonférence mesurée sur la hart et 1 m. 17 de longueur. Le poids des bottes d'écorce sèche, suivant les localités et aussi suivant les dimensions qui ne sont pas partout identiques, varie de 16 à 24 kilogrammes. Jusqu'à ces deux dernières années le prix toujours croissant de cette marchandise s'était élevé sur le port de Clamecy, l'un de nos principaux marchés au bois, jusqu'à 210 et 220 fr. les cent bottes de 20 kilogrammes, soit 10,50 à 11 fr. le quintal. Aujourd'hui, par suite d'un ralentissement marqué et momentané sans doute dans la fabrication des cuirs, elle n'est plus cotée qu'à 150 fr., ce qui représente 7,50 fr. les cent kilogrammes.

Un stère de taillis de 20 à 25 ans peut donner de 3 à 3 1/2 bottes d'écorce et perd par la décortication un quart à un tiers de son volume. Mais dans les années favorables, la valeur marchande des écorces étant hors de toute proportion avec celle de la quantité de bois de chauffage ou de charbon qu'elle représente, l'exploitant a toujours un intérêt majeur à réaliser la plus grande somme d'écorce possible.

XX

Les autres bois feuillus.

Des essences feuillues autres que le chêne, le hêtre et le charme, nous aurons moins à dire. La notice consacrée aux principales d'entre elles (2) ne donnant pas toujours le chiffre de leur production annuelle, nous nous bornons à indiquer

(1) *Ibid.* et *Rapport de la commission instituée pour l'expérimentation de l'écorçage des bois par la chaleur* (sans nom d'auteur). — Administration des forêts, Paris, Imprimerie nationale.

(2) Par MM. Larzillière, Gast, Rivet etc., sous-inspecteurs des forêts.

sommairement leur rang d'importance et leurs principaux emplois.

Le châtaignier *(Castanea vesca)* répandu surtout dans les Cévennes, le Limousin, le Périgord, la Provence et dans quelques départements de l'ouest, est relativement rare dans les bois soumis au régime forestier, puisque son rendement annuel ne dépasse pas douze mille mètres cubes, dont un tiers seulement est converti en charbon et bois de chauffage, et les deux tiers en bois d'œuvre.

Dans les Pyrénées-Orientales en compte cinq mille hectares de bois particuliers peuplés de cette essence dont on fait chaque année, paraît-il, des plantations nouvelles. L'inverse a lieu dans la Creuse où les huit mille hectares de châtaigneraies privées, qui y prospéraient il y a trente ans, suivent, depuis une dizaine d'années, en raison d'exploitations abusives, la voie d'une destruction croissante, sans que d'ailleurs le châtaignier disparu soit remplacé par quelqu'autre essence. Ces exploitations sans règle ni limite livrent chaque année à la consommation, pour le seul département de la Creuse, 47 000 mètres cubes de bois en grume !

Le principal emploi du châtaignier comme bois de service consiste dans les perches et étais de mine et les piquets de clôtures de chemins de fer. Ces produits, du reste, n'absorbent que six cents des sept à huit mille mètres cubes que les bois régis par l'administration livrent chaque année au commerce comme bois d'œuvre de cette essence. Le surplus est débité soit exceptionnellement en sciage (1100 m. c.) pour parquets, caisses à fleurs et, dans le midi, pour douilles de foudres et tonnes de diverses jauges (boutades, bordelaises, barilats, etc.) ; soit en bois de fente pour merrain, cercles, lattes et échalas, tous produits estimés et recherchés. Les échalas et cerclages de châtaignier se paient 1/4, 1/5 et quelquefois 1/3 plus cher que ceux de chêne (1).

(1) Ainsi le millier d'échalas en cœur de chêne étant coté de 40 à 45 fr., le millier d'échalas en châtaignier vaudra facilement 50 à 60 francs.

En traitant les copeaux de châtaignier par l'eau chaude et la vapeur d'eau on en extrait, dans la proportion de 25 pour cent du poids du bois employé, une matière acide assez riche en tanin dont les fabricants de Lyon se servent pour charger leurs soies et qui est usitée aussi dans la tannerie. Le prix de l'*extrait de châtaignier* oscille autour de 18 fr. le quintal.

A la différence du châtaignier, qui est particulièrement une essence du sud et de l'ouest, l'érable se rencontre surtout dans l'est et le nord-est. On en distingue trois espèces principales : le champêtre *(Acer campestre)*, le plane *(A. pseudoplatanus)* et le sycomore *(A. platanoïdes)*. Tous trois sont des arbres de première grandeur, au moins dans les sols où ils se plaisent. Ils ne se rencontrent jamais qu'épars entre d'autres essences avec lesquelles ils luttent de croissance et de hauteur : toutefois l'érable champêtre, ayant une végétation un peu plus lente, est facilement dominé par celles d'une poussée plus rapide auxquelles il peut se trouver associé. Le bois de ces trois arbres a la fibre fine, le grain homogène, le tissu tenace ; il se tourmente et se gerce peu et les vers ne l'attaquent pas. Il éloignerait même certains insectes et serait par suite tout particulièrement recherché pour la confection des bois de lit.

Le chiffre de 60 000 mètres cubes est celui du produit annuel en bois d'érable des forêts régies par l'Administration. Un dixième seulement de ce volume est employé autrement qu'en chauffage et charbon, et ce dixième trouve d'ailleurs une extrême variété d'emplois. Le charronnage agricole, les manches d'outils, les cannes, les robinets, les sabots, la vannerie et la lutherie consomment une certaine quantité de ce dixième ; la belle couleur jaune pâle et veinée des érables, la facilité de leur bois à se polir et à se teindre, leur donnent une grande faveur dans l'ébénisterie qui en consomme plus de moitié. Les mines du nord et du

nord-est en absorbent 1 300 mètres cubes en étais et étançons.

Ne parlons que pour mémoire du principe saccharique contenu dans la sève des érables et qui serait le même que celui de la canne à sucre.

Les variétés de l'orme ne sont pas, comme celles de l'érable, de qualités à peu près semblables. Si l'orme champêtre ou à petites feuilles *(Ulmus campestris)* et l'orme tortillard *(U. tortuosa)*, deux formes d'une même espèce, donnent un bois de premier ordre pour un certain nombre d'usages spéciaux, en revanche l'orme diffus *(U. effusa)* et l'orme de montagne ou à grandes feuilles *(U. montana)* ne sont tenus que pour bois blancs, et bois blancs de mauvaise qualité : nous ne nous en occuperons pas.

Quant à l'*orme rouge*, dénomination commune que les ouvriers qui travaillent ce bois appliquent aux variétés dures du genre, il se rencontre, en mélange avec les divers arbres feuillus, dans les départements de l'est, et un peu dans ceux de l'ouest. Dur, élastique, d'une ténacité extrême, aussi durable que le chêne mais d'une fente difficile, il résiste efficacement à l'influence de l'humidité; toutefois il se tourmente et convient peu à la charpente. Comme bois de service il fournit dans la Haute-Saône, la Meuse, les Ardennes, d'excellents étais de mines. Ses principaux emplois sont le charronnage proprement dit et le service des arsenaux : de 1872 à 1877 l'arsenal de Besançon n'a pas acheté moins de 1 146 mètres cubes de bois d'orme au prix moyen de 130 fr. l'un. — Les jantes et surtout les moyeux de roues consomment une grande quantité de ce bois qui, par sa fibre serrée et coriace, est très propre aux objets exposés au frottement : vis, écrous, engrenages, etc.

Sans constituer un mauvais chauffage, l'orme est moins estimé pour cet usage que d'autres bois durs. Cependant quatre cinquièmes au moins de son volume annuel passent à cet emploi.

Le frêne *(Fraxinus excelsa)* et le micocoulier de Provence ou fabrecoulier *(Celtis australis)*, — celui-là arbre de première grandeur et mêlé aux autres bois feuillus des taillis du nord-est et de l'est, celui-ci de dimensions un peu moindres et essence des régions méditerranéennes, — ont plus d'une analogie quant aux qualités et aux usages de leurs bois respectifs. Tous deux sont à la fois résistants et élastiques, durs, compacts, souples et tenaces, et le micocoulier possède ces mérites à un degré plus élevé encore que le frêne ; mais il n'a pas le poli satiné de ce dernier, dont la teinte d'un blanc nacré et légèrement rosé est remplacée dans le bois du micocoulier par un ton plus mat d'un blanc plutôt gris ou verdâtre. Tous deux constituent également un très bon combustible. Aussi les quatre cinquièmes du frêne donnent-ils du bois de feu (24 000 m. c.) ; les houillères du nord et du nord-est demandent aux forêts de l'État et des communes le tiers de ce surplus, soit 2 000 mètres cubes qui leur procurent d'excellents étais. La carrosserie, le charronnage, l'ébénisterie en font aussi grand usage. Un mètre cube de frêne droit, sans défauts et débité en sciages marchands ou divers, ne vaut pas moins de 110 francs. — Cet arbre fournit aussi des sabots, des échalas, des crosses de fusil, des cannes, des queues de billards, des manches de toute espèce, des rames, avirons, gournables, enfin du merrain pour tonneaux à kirsch, son bois ne colorant pas les liquides. Le micocoulier, lorsqu'on le laisse venir à l'état d'arbre, fournit aussi des bois de charronnage, des engins de navigation, des bois d'armurerie ; mais son principal emploi est dans les manches de faux, pelles, râteaux, fouets, aiguillons, les cannes, les attelles de collier, etc., et pour en obtenir ces produits spéciaux on le traite par une culture plus horticole que forestière, en dressant ou contournant les jeunes rejets des souches de manière à en déterminer d'avance la forme désirée.

Des services analogues à ceux que nous venons d'énu-

mérer en dernier lieu, sont rendus dans toute la France par le cornouiller, surtout par la variété dite mâle *(Cornus mas)* arbrisseau qui croît avec lenteur mais rusticité dans les sols calcaires de tout climat et de toute altitude. Dur, souple, tenace au plus haut degré, d'un grain homogène, le cornouiller mâle voit les onze à douze mille mètres cubes de sa production annuelle, fournir des cannes, des manches de parapluies et d'outils, des cercles, des échalas ronds ou demi-ronds dits *paisseaux*, des dents de herses et d'engrenages, des bâtons pour soierie, etc., etc., le tout estimé comme marchandise de premier choix.

Si le coudrier ou noisetier des bois *(Corylus avellana)* n'a pas la longévité du cornouiller mâle, il a du moins, sur la souche, une croissance bien plus rapide. Demi-dur et demi-lourd, son bois ne le cède pas en souplesse à celui de cet autre arbrisseau et donne aussi d'excellent cerclage. Dans le nord on l'emploie même en étais de mines. On en fait des articles de vannerie de toute espèce, des bâtons pour soierie, des étuis à aiguilles, des liens ou harts, des gabions. Son fruit connu de tous est particulièrement cher aux écoliers dévots de l'école buissonnière.

Passons rapidement, — car il faut nous borner — sur les alisiers allouchier et des bois *(Sorbus aria, S. torminalis)*, sur le sorbier-cormier *(S. domestica)*, sur le poirier et le pommier sauvages *(Pirus communis, Malus acerba)*, tous membres de la même famille (pomacées) et qui, à des degrés divers, sont recherchés soit en ébénisterie pour l'imitation de l'ébène, soit dans les objets exposés à la pression et au frottement, rabots, varlopes, vis, écrous, dents de roue. Leur production annuelle est de quatorze à quinze mille mètres cubes dont les neuf dixièmes sont mis en bois de feu.

Donnons une mention au merisier ou cerisier sauvage *(Cerasus avium)*, d'une famille voisine (amygdalées), un arbre d'une longévité médiocre mais d'une croissance rapide et précieux par sa rusticité, sa facilité à croître, à

tous climats et à toutes expositions, dans les sols les plus arides et les plus maigres, où ses longues racines qui courent à fleur de terre donnent, au loin de la souche-mère, de nombreux rejets. Recherché par l'ébénisterie pour bois de chaises et fauteuils imitant l'acajou, il donne aussi de bons échalas, de bon cerclage et des perches et étais de mines. Son charbon assez estimé vaut mieux que son chauffage qui est médiocre. Sa production annuelle de 14000 mètres cubes, passe, pour la principale part, dans les stères de chauffage et de charbonnette.

Le faux acacia ou robinier *(Robinia pseudo-acacia)*, parent de l'ajonc, du genêt et du cytise, doit être aussi mentionné. Depuis l'an 1601 où Jean Robin l'importa du Canada en France, il s'est si bien acclimaté qu'on le rencontre un peu partout, si ce n'est dans les climats froids et les terres compactes. D'une croissance rapide il a, dès ses premières années, les qualités de l'âge adulte, et ces qualités, dureté, élasticité, nerf, durée, résistance supérieure d'un tiers à celle du chêne, le rendent précieux pour une foule d'emplois. Ses échalas, tuteurs, piquets, cercles ne sont égalés peut-être que par ceux du châtaignier. Ses rais de roues n'ont pas de rivaux. Comme le mélèze des Alpes il durcit en vieillissant. Il résiste énergiquement à la décomposition. Il est donc propre à toute espèce d'usage. Ses étais et piquets de mines sont recherchés. Comme combustible il est de qualité parfaite. On le rencontre plutôt dans des bois ou des plantations de particuliers que dans les forêts publiques : il s'associe difficilement à d'autres essences et finit par les supplanter : ses épines acérées rendent l'exploitation difficile. D'autre part ses racines longues, nombreuses et traçantes lui donnent un avantage pour la fixation des terrains mobiles ou en pente, et il est par suite d'un assez fréquent emploi dans le reboisement des montagnes.

Ne terminons pas cette revue des emplois divers du bois de nos principales essences forestières sans accorder quel-

ques lignes aux *bois blancs ;* au bouleau *(Betula alba)* intermédiaire entre ceux-ci et les bois durs, dont un sixième de ses 148 000 mètres cubes annuels sert principalement à la confection de sabots, plus légers, plus fins, plus élégants que ceux des autres bois, aux étais de mines et perches à houblon, au cerclage des futailles, et à de menus ouvrages de tour, de charronnage et d'ébénisterie, sans parler des balais faits avec ses plus jeunes ramilles ; — à l'aulne *(Alnus glutinosa)* une bétulacée comme lui, et comme lui bois de perches et étais de mines, de cerclage et de sabotage, bois résistant à l'humidité et, sous eau, d'une durée indéfinie. employé aussi en menue charpente, en ébénisterie, en lutherie et à mille industries diverses, enfin arbre des terres humides et souvent inondées (61 000 m. c.) ; — au tilleul *(Tilia parvifolia)*, que sa faible durée et son peu de dureté rendent impropre aux constructions, mais dont 4 000 mètres cubes sur 20 000 sont annuellement employés par les sculpteurs, les ébénistes, facteurs d'instruments de musique, sabotiers, fabricants de pâte à papier, ainsi que pour tables à couper le cuir (l'entaille faite avec le tranchant de l'outil se refermant aussitôt), et enfin pour étais de mines et perches diverses, indépendamment de l'utilisation de son *liber* (partie interne de l'écorce) qui se *tille* pour être converti en cordes à puits et à traction de bateaux ; — aux saules ou du moins aux deux représentants principaux de cette innombrable tribu *(Salix alba, S. caprea)* employés pour un dixième de leur production (soit pour 3 mille 6 à 7 cents mètres cubes) en cercles, échalas et paisseaux, en ouvrages de menuiserie, de tour, de sculpture, etc., enfin en étais de mine qui sont recherchés pour leur propriété d'avertir par un craquement préalable et significatif de leur prochaine rupture ; — au tremble, pour finir, le seul peuplier *(Populus tremula)* qui croisse de lui-même dans nos forêts : presque toutes d'ailleurs le possèdent en quantité plus ou moins grande. Ses principaux emplois sont le charronnage, les allumettes, la pâte à papier, les sabots, les seilles et seaux, etc., les échalas, les perches à

houblon et enfin... les étais de mines. Sa production annuelle dans les forêts régies par l'Administration est de plus de 221 000 mètres cubes. Comme pour les autres bois blancs, le bouleau excepté, son chauffage est médiocre. Néanmoins, pour lui comme pour presque tous les bois feuillus, ce sont les foyers, les usines au feu de bois et le charbon qui en absorbent la principale part.

On n'a pu donner, d'une manière certaine et essence par essence, que le rendement en matière des forêts soumises au régime forestier, les seules pour lesquelles il existe des éléments suffisants pour un contrôle de détail. Mais comme ensemble,on a quelques données sur la production générale des forêts de la France,quels qu'en soient les propriétaires. Cette production s'est élevée, en 1876, à 25 342 000 mètres cubes, dont les quatre cinquièmes en bois de feu ; le surplus, ou 4 942 000, représente les bois d'œuvre de toute nature fournis pour un peu plus de moitié (0,53) par les arbres résineux. Il reste donc 20 400 000 mètres cubes servant de combustible dont un peu plus de quinze millions proviennent des bois de particuliers puisque nous avons vu que la production en bois de feu de l'ensemble des forêts régies par l'Administration publique (XVIII) ne dépasse guère cinq millions de mètres cubes.

La valeur de ce total général de vingt-cinq millions de mètres cubes étant de 236 755 430 francs, si l'on divise cette somme par le nombre de 9 185 311 qui représente le nombre d'hectares de la propriété forestière en France, on obtient, pour le revenu de cette propriété, le chiffre moyen de 25 fr. 78 c. par hectare ; revenu qui oscille du reste, suivant le degré de prospérité et d'intensité de la végétation ligneuse, la composition des peuplements, et le plus ou moins de débouchés et de facilités pour l'enlèvement et le transport des produits, entre cinq francs et cent francs !

Que d'améliorations à tenter encore, que de progrès à réaliser à ce seul point de vue !

XXI

Les étais de mines.

Parmi les nombreuses essences forestières dont nous avons brièvement indiqué les principaux emplois dans les trois chapitres qui précèdent, il en est peu où l'on n'ait été à même de compter, parmi ces emplois divers, les perches, étais ou étançons de mines. C'est qu'en effet l'exploitation des mines de toute nature et principalement des houillères, offre aux bois de toutes essences et de toutes provenances un débouché d'une importance croissante : il résulte d'un travail considérable sur cette question, travail dû à M. Thélu, sous-inspecteur des forêts (1), que la consommation du bois pour l'exploitation des charbonnages minéraux est sensiblement proportionnelle à la production de ceux-ci. Or, personne n'ignore que la production houillère est, à notre époque de gaz, d'électricité et de vapeur, l'âme et en même temps le criterium de l'industrie en général, et comme un manomètre à l'aide duquel peut se mesurer le niveau de la prospérité industrielle d'un pays. Et comme, en fait de marche et de développement des affaires, ne pas avancer c'est rétrograder, ne pas progresser c'est décliner, il est indubitable que tant que la civilisation actuelle se conservera et se maintiendra, la consommation et par conséquent la production de la houille suivra une marche ascensionnelle.

Mais il faut, et de nécessité absolue, du bois, beaucoup de bois, pour exploiter les mines de houilles. Il faut surtout des étais et étançons pour soutenir et arc-bouter les parois des galeries. De $0^{m}80$ en $0^{m}80$, ou de $1^{m}20$ en $1^{m}20$ à l'ordinaire, et parfois à des intervalles plus rapprochés, il faut un cadre de bois composé de deux montants

(1) Aujourd'hui inspecteur. — *Notice sur les étais de mines en France.* In-4°. Paris, Imp. nation. 1878.

verticaux ou légèrement inclinés, d'une sole ou semelle formant seuil et d'un chapeau ou corniche au sommet. D'un cadre à l'autre, sont placés des bois de garnissage pour soutenir les fragments de minerai non fixés d'une manière absolument solide au plafond de la voûte.

Il existe aujourd'hui, en France, 533 concessions houillères (occupant 464 889 hectares), dont 289 seulement étaient en cours d'exploitation au 1er janvier 1877. Les trois groupes principaux sont : celui du Nord comprenant, dans le département de ce nom et le Pas-de-Calais, 113 568 hectares; le groupe central occupant, sur six départements, une superficie de 103 663 hectares; enfin le groupe du Midi qui s'étend sur 115 539 hectares répartis entre huit départements. Le surplus, 132 119 hectares, se partage entre quinze départements, disséminés un peu partout.

En présence de ces développements de l'industrie houillère on ne saurait s'étonner de la recherche dont les produits ligneux de toutes essences sont l'objet en vue du boisage des galeries de mines. La consommation du bois pour cet emploi a bien plus que centuplé en moins d'un siècle.

On peut suivre, dans le tableau que nous intercalons ici, cette marche progressive.

ANNÉES.	CONSOMMATION ANNUELLE D'ÉTAIS.	NOMBRES PROPORTIONNELS.
1787	6 450 stères.	1,00
1807	21 450 »	3,32
1817	30 100 »	4,90
1827	50 730 »	7,86
1837	89 420 »	13,86
1847	154 590 »	23,96
1857	314 100 »	48,69
1867	539 900 »	83,70
1876	738 900 »	114,55

Si l'on rapprochait ces nombres du mouvement industriel aux années correspondantes, on serait frappé de la concordance.

La production actuelle des forêts de la France, en étais de mines, est de 910 550 stères ou 577 000 mètres cubes, fournis par 62 départements et rendus à destination pour des sommes dont le total s'élève à 15 700 000 francs, soit 17 fr. 25 par stère ou 27 fr. 20 par mètre cube. Les houillères françaises consomment en bois indigènes 437 800 mètres cubes. Le surplus, ou 139 531 mètres cubes, est exporté, savoir : 86 000 mètres cubes aux houillères de Belgique, 52 000 à celles d'Angleterre et 1 531 en Allemagne (1).

En somme si la France est de plus en plus tributaire de l'étranger pour son approvisionnement en bois ; si, comme le dit judicieusement M. Thélu, elle est contrainte d'employer les chênes de la Toscane, des États romains, de la Russie, de la Suède, de la Belgique, des États-Unis ; si elle emprunte une partie de ses traverses de chemins de fer à la Russie, à l'Allemagne, à la Belgique ; son merrain à l'Autriche, aux États-Unis, à l'Italie ; sa mâture à la Russie et à la Suède, ses échalas à l'Allemagne et à la Belgique, elle

(1) Ces chiffres résultent du « Tableau de production et consommation annuelle des etais de mines provenant de France », aux pages 81 à 83 du mémoire de M. Thélu.

Si l'on se reporte au « Commerce extérieur » (p. 84), les chiffres ne sont plus tout à fait les mêmes.

Ainsi l'on a :

Production annuelle		910 550 stères
Importation de Belgique		44 200
— d'Allemagne		2 700
Total		957 450

Dont il faut retrancher :

Exportation en Belgique	136 500 stères	218 550
— en Angleterre	81 200	
— en Allemagne	850	

Comme reste, nous retrouvons notre chiffre de 738 900 stères

peut du moins, pour ses étais, se suffire à elle-même, satisfaisant, et au-delà, aux besoins de la consommation de ses houillères.

Seulement, à moins de changements dans nos habitudes que rien ne permet jusqu'ici de prévoir, nos forêts de France ne sauraient, dans leur état actuel, élever davantage le niveau de leur production en étais ; et dans peu d'années, pour peu que le mouvement croissant de la consommation des charbons minéraux se poursuive comme par le passé, notre production forestière sera insuffisante en étais de mines comme en tant d'autres emplois. Pour parer à ce danger il faudrait que les particuliers qui exploitent leurs bois, en fagots et menus produits de minime valeur, aux âges de 8 à 12 ans, élevassent les révolutions de leurs taillis aux âges de 20 à 25 ans, où les rejets ont généralement atteint les dimensions suffisantes aux principaux emplois de soutènement et d'étançonnage des galeries de mines. Ils feraient ainsi une excellente spéculation, tout en se rendant utiles à leur pays.

Une réflexion se présente ici à l'esprit. En 1865 il avait été question, en France, d'aliéner le domaine forestier de l'État. L'opinion s'en était fort émue. Elle lutta vigoureusement contre ces visées d'un ministre des finances peu partisan de la richesse territoriale pour l'État, et finit par avoir gain de cause. Mais tant que dura la lutte, l'un des arguments, et non des moindres, du petit groupe des partisans de l'aliénation était celui-ci : Le chauffage au bois tend de plus en plus à faire place à l'usage du charbon de terre ; l'Angleterre et la Belgique ne se chauffent guère autrement. L'emploi du fer d'autre part entre en une proportion toujours croissante dans les constructions et les charpentes. Par conséquent, peu importe que, par suite de la rétrocession que l'État fera de ses bois aux particuliers, la production ligneuse diminue dans une proportion plus ou moins considérable, le bois étant une matière première dont l'usage est destiné à devenir de moins en moins fréquent.

On a relevé sans peine ce qu'il y avait d'inexact et de spécieux dans ce raisonnement, même en supposant vraies ses prémisses. Mais ce qu'on aurait pu dire et ce qui ressort de ce qui vient d'être examiné ici, c'est qu'on ne peut se procurer de la houille et du fer qu'avec le concours du bois et que l'existence même de ces deux éléments fondamentaux de toute industrie au temps actuel est fatalement et inéluctablement liée à la prospérité de la culture forestière, ainsi qu'à la direction de celle-ci suivant les saines traditions et les véritables règles de l'art.

Que si l'on arrivait à substituer dans une large proportion la houille au bois comme combustible dans les usages domestiques, sans doute la fabrication des perches de mines trouverait dans la quotité du bois qui cesserait d'être brûlé ou converti en charbon, un aliment important ; mais indépendamment de ce que cette transformation dans nos habitudes est des plus invraisemblables aujourd'hui, elle ne remédierait que transitoirement au péril signalé, puisque à un accroissement dans la production de la houille correspondra toujours un accroissement parallèle dans la consommation des bois de mines.

C'est, comme on vient de le dire, en élevant à vingt ou vingt-cinq ans l'âge d'exploitabilité des taillis que l'on est dans l'habitude d'exploiter plus jeunes, au moins lorsque leur peuplement comporte cette élévation, ce qui est le cas le plus fréquent ; c'est encore en régénérant les bois qu'ont ruinés les exploitations vicieuses ou les abus du pâturage ; c'est enfin en donnant le plus d'extension possible à l'application de la mise en valeur par le boisement des terres rebelles à toute autre culture, montagnes, dunes, landes, garigues, friches et terrains vagues quelconques (1), que l'on arrivera

(1) L'étendue totale, en France, de ces terrains perdus pour la production n'était pas inférieure, en 1862, à 7 300 000 hectares en ne comptant ni la Savoie, ni le comté de Nice, ni la partie, non encore cadastrée alors, de la Corse. La France, il est vrai, comptait en ce temps l'Alsace et la Lorraine parmi ses provinces les plus françaises ; mais ces deux riches contrées étaient bien cel-

avec le temps à permettre à notre pays de se suffire à lui-même non seulement pour la consommation des étais de mines, mais encore pour celle de tant d'autres produits divers des forêts dont il est obligé de demander à l'étranger l'indispensable complément.

XXII

Météorologie et climatologie forestières.

Lors des projets d'aliénation des forêts de l'État dont il vient d'être parlé, on vit paraître au jour de singuliers sophismes. Si, dans l'ordre économique, le bois, remplacé partout par la houille et le fer, était destiné à perdre sa prééminence comme matière de première nécessité et à descendre au rang de substance secondaire et accessoire, il y avait, dans l'ordre météorologique, hydrologique et climatérique de bien autres arguments invoqués. Bien loin d'exercer dans l'économie physique d'une région ou d'un grand pays, une influence salutaire, les forêts ne jouaient, on l'affirmait, qu'un rôle nuisible et néfaste. Il se trouva des ingénieurs et des correspondants de l'Institut pour soutenir, voire pour démontrer (ils le prétendaient du moins), que, toutes choses égales d'ailleurs, un terrain en pente, pour peu qu'il fût en culture, absorbait et emmagasinait une plus grande part des eaux pluviales qu'un terrain couvert de bois ; qu'une forêt interceptait l'eau tombée du ciel et la rejetait sur son périmètre à la façon d'un immense parapluie (*sic*), et qu'ainsi, fort loin de graduer et d'aménager le débit des eaux, de conserver et d'entretenir les sources, les forêts, bien au contraire, interceptaient au passage toute

les qui contenaient le moins de terres incultes, et le chiffre de 7 300 000 hectares pour les terres de cette catégorie sur la France actuelle est certainement fort au-dessous de la vérité. (Voir, pour les chiffres, la *Statistique forestière*, pp. 10 et 11).

pluie bienfaisante, asséchaient la terre, tarissaient les sources, enfin se rendaient coupables de tous les méfaits.

L'opinion, en France, ne fut pas dupe de ces paralogismes. Cependant la forme scientifique dans laquelle ils étaient le plus souvent présentés, les expériences et observations, tronquées mais mises en œuvre avec un art extrême, sur lesquelles on les appuyait, déconcertèrent quelque peu la réplique. Les adversaires de la conservation des forêts avaient, en fait, soulevé des objections scientifiques contre des choses universellement admises jusqu'alors comme données de sens commun ; et il se trouva que l'opinion, tout en les repoussant d'instinct, manqua de moyens scientifiques de réfutation. Elle répondit bien par des considérations historiques, arguant de l'état de décadence et de misère où sont aujourd'hui plongées des contrées entières, telles que la Palestine, la Grèce, certaines parties de l'Espagne et du Nord de l'Afrique, autrefois largement dotées de forêts et d'arbres séculaires sur tous les versants, dans toutes les gorges de leurs montagnes, et alors riches, peuplées, d'une fertilité proverbiale, nourrissant des populations puissantes qui ont rempli dans l'histoire un rôle plus ou moins brillant. Mais cette réplique laissait place à certaines objections d'un autre ordre et ne renversait pas directement les propositions énoncées.

C'est de là que la météorologie forestière prit naissance. Il fallait éprouver la valeur des affirmations hostiles aux forêts par des observations minutieuses, poursuivies pendant de longues années et fournissant des chiffres exacts, précis, soit à l'appui des assertions émises si elles étaient vraies, soit à leur encontre si elles étaient fausses. M. Mathieu, conservateur des forêts et sous-directeur de l'École forestière de Nancy, l'un de ces forestiers émérites à la compétence desquels n'échappe aucune des branches et des ramifications si multiples de l'art forestier tel que nous avons essayé de le décrire, est entré le premier, et dès 1866, dans cette voie ; il a le premier appliqué des obser-

vations udométriques, atmidométriques et thermométriques à l'étude comparée des lieux boisés et découverts. D'autres agents du même corps ont suivi son exemple : celui qui, parmi ces derniers, a réalisé les observations les plus remarquables est M. Fautrat sous-inspecteur, alors en résidence à Senlis (Oise), lequel est arrivé par une voie différente à des résultats analogues à ceux de M. Mathieu.

Nous tâcherons d'indiquer brièvement les procédés suivis par ces deux météorologistes et les conséquences qui résultent de leurs observations.

Il fallait principalement et tout d'abord élucider les questions suivantes :

1° Quelle est l'influence de l'état de boisement ou de non-boisement d'une contrée sur la quantité d'eau qu'elle reçoit de l'atmosphère?

2° Dans quelle proportion la feuillée et la ramure d'une forêt, ou son *couvert*, interceptent-elles la pluie entre l'atmosphère et le sol?

3° Comment se comporte le phénomène d'évaporation sur un sol boisé et sur un sol dénudé?

4° Quel est le rapport des températures de l'air en dedans et en dehors des forêts?

Pour traiter ces questions, trois stations météorologiques ont été établies par l'École forestière et sous la direction de M. Mathieu, la première au centre de la forêt de La Haye, à 8 kilomètres à l'ouest de Nancy, au lieu dit *Les cinq tranchées;* la seconde sur le bord de la forêt au lieu dit *Bellefontaine;* la troisième au point culminant d'une région agricole appelée *Amance* et située à 10 kilomètres au nord-est de la même ville.

Dans la première ont fonctionné constamment deux pluviomètres, l'un en plein bois, l'autre dans le voisinage du premier mais au milieu d'un espace découvert de plusieurs hectares et attenant à une maison de gardes, en vue de déterminer la quantité d'eau pluviale qui tombe en pays

boisé et la proportion de cette eau reçue par le sol sous le couvert du bois et en dehors.

Dans la deuxième station, celle de Bellefontaine, les observations ont porté sur deux atmidomètres complétés chacun par un pluviomètre. Ces deux groupes d'appareils, distants de 400 mètres l'un de l'autre, étaient situés l'un sous un massif de hêtres, charmes et frênes, le second en un terrain déboisé cultivé en pépinière ; des thermomètres à maxima et minima fréquemment vérifiés et réglés, les accompagnaient.

Les atmidomètres, destinés à mesurer la puissance d'évaporation au niveau du sol, consistaient en caisses bien étanches, de forme carrée et de dimensions parfaitement égales, enfoncées en terre de façon à ne dépasser le sol que de 10 centimètres, et qu'on remplissait d'eau le 1er de chaque mois. Les variations de niveau de l'eau se constataient au moyen d'un index mobile le long d'une échelle graduée. Au moyen du pluviomètre, on constatait la hauteur d'eau reçue chaque jour de l'atmosphère par l'atmidomètre.

Enfin dans la station d'Amance, on s'est borné à installer un seul pluviomètre en terrain bien découvert.

Registre a été tenu soigneusement, à partir de 1867 et jusqu'en 1877, des résultats mensuels des observations faites sur ces divers appareils, lesquelles observations sont consignées tout au long, dans le *Rapport de météorologie comparée agricole et forestière* dressé par M. Mathieu (1), et dont nous indiquerons seulement les conclusions.

La moyenne annuelle d'épaisseur de la lame d'eau tombée dans les trois stations, *en terrain découvert*, a été, pour ces dix années : 1° de 0 m, 8003 dans la station des Cinq Tranchées en pleine région boisée ; 2° de 0 m, 7800 dans celle de Bellefontaine, en région mixte ; et enfin 3° de 0 m, 6527, dans la station agricole d'Amance. La région la plus boisée est celle qui a reçu le plus d'eau, la région

(1) In-4°. Paris, Impr. nationale. 1878.

purement agricole, celle qui en a reçu le moins des trois, et ces quantités d'eau sont entre elles comme 100 : 97 : 81. Donc, « les forêts accroissent la proportion des eaux météoriques qui tombent sur le sol et favorisent l'alimentation des nappes d'eau souterraines et des sources qui en dépendent. »

Il y a mieux. Les moyennes d'épaisseur de lame d'eau constatées à l'aide des pluviomètres placés *sous bois* dans les deux premières stations, sont de $0^{m}7333$ pour les Cinq Tranchées et de $0^{m}6525$ pour Bellefontaine : c'est dans la première 8 centièmes 1/2 d'eau interceptée par le couvert des arbres, et dans la seconde, où le bois était beaucoup plus touffu et le pluviomètre placé au fond d'un vallon frais et fertile, 17 centièmes ; mais il n'en est pas moins arrivé au sol dans cette dernière et, malgré un couvert particulièrement épais, une lame d'eau de $0^{m}6525$, sensiblement égale à celle qu'a reçue la station agricole en terrain entièrement découvert. Si au contraire on compare cette troisième station à la première, on trouve que celle-ci a encore reçu *sous bois* $0^{m}0806$ d'épaisseur de lame d'eau de plus que le sol sans abri de la station d'Amance. Donc : « en région forestière, le sol reçoit autant et plus d'eau sous le couvert des arbres que le sol découvert des régions peu ou point boisées. »

Quant aux observations atmidométriques suivies à Bellefontaine, elles ont donné, pour la moyenne des mêmes années, une évaporation annuelle de $0^{m}4966$ en terrain découvert et seulement de $0^{m}1595$ sous bois, c'est-à-dire plus de 3 fois moindre. Donc le couvert de la forêt s'oppose dans une forte mesure à l'évaporation de l'eau reçue par le sol et contribue par conséquent au maintien de la fraîcheur de celui-ci et à la régularité du régime des sources.

On a constaté aussi que le maximum d'évaporation se produit hors bois, pendant le mois le plus chaud, le mois de juillet, et que, sous bois, il y a 2 maxima d'évaporation, le plus fort au mois d'avril quand le soleil, déjà haut

sur l'horizon, ne rencontre encore aucun feuillage pour intercepter le passage à ses rayons ; le second en août, quand, après l'abaissement résultant de l'épanouissement et du développement des feuilles, la température est arrivée à son plus fort accroissement.

Passons aux observations thermométriques.

On sait que des thermomètres à maxima et à minima accompagnaient les appareils atmidométriques de Bellefontaine, l'un au fond d'un vallon fertile couvert d'arbres au feuillage épais, l'autre à 400^{m} de là en un terrain en culture et sans abri. On les avait disposés chacun à 1^{m}50 du sol et leurs variations les plus faibles étaient soigneusement relevées jour par jour. Ces observations, qui ont été faites pendant neuf années consécutives et sans interruption, de 1869 à 1877, sont consignées toutes, à leurs dates respectives, dans le *Rapport* de M. Mathieu ; elles en occupent quarante pages, et permettent de constater des faits d'un haut intérêt. Ainsi la température sous bois est beaucoup moins inégale que hors bois ; elle y connaît peu les changements brusques ou subits : les minima y sont constamment plus élevés, les maxima le sont moins. L'affaiblissement du maximum de température est surtout considérable dans les mois des fortes chaleurs, juillet et août, où la différence atteint et dépasse même 5 à 6 degrés. Les grands froids de l'hiver sont également atténués quoique dans une proportion moindre. Enfin les gelées printanières tardives et les gelées précoces de l'automne, toujours si funestes, sont sensiblement adoucies, souvent entièrement neutralisées.

A considérer les moyennes, non plus quotidiennes, mais mensuelles et annuelles, on constate que « la température moyenne mensuelle de l'air est toujours, dans les bois, inférieure à celle des champs » que cet abaissement *moyen*, très faible en hiver, très appréciable en été, est une loi constante qui ne souffre que d'insignifiantes exceptions, mais que la moyenne des minima de chaque année est

toujours plus élevée sous bois que hors bois, et réciproquement pour la moyenne des maxima qui y est toujours plus basse.

Ces diverses constatations se trouvent corroborées par une autre série d'observations faites par M. Fautrat dans un département dont près du tiers de la surface totale est couvert de bois ou de forêts, dans le département de l'Oise, non loin de Senlis ; observations qui ont été du reste communiquées chaque année à l'Académie des sciences.

M. Fautrat a suivi pendant quatre années l'exemple donné par l'éminent sous-directeur de l'École forestière, mais en adoptant une marche différente. Il a tenu à rapprocher ses stations d'expériences pour être, en forêt et hors forêt, dans des conditions d'altitude, de climat et d'état atmosphérique parfaitement comparables. Il a placé ses pluviomètres les uns à 7 mètres au-dessus du sommet des massifs boisés, les autres, hors bois, à une altitude identique et d'autres enfin hors bois et sous bois sur le sol. En outre il a varié ses expériences entre les bois feuillus et les bois résineux. Ses deux groupes de stations étaient placés, l'un au-dessus et à côté de la forêt d'Halatte près du village de Fleurines, bois feuillus ; l'autre, près du village de Thiers, au-dessus et à côté d'un peuplement de pins sylvestres de 1000 hectares, âgés de 25 ans et dépendant de la forêt d'Ermenonville.

Les quantités de pluie reçues par les udomètres situés au-dessus des massifs boisés, ont toujours été sensiblement supérieures à celles que révélaient les udomètres placés en plaine à deux ou trois cents mètres des premiers. Les observations, sur chaque appareil, ont été faites et notées trois fois par jour et aux mêmes heures pendant les quatre années 1874 à 1877. La moyenne d'excès de la hauteur de l'eau tombée au-dessus du massif feuillu sur celle de l'eau tombée hors forêt, a été de $0^{m}024$; entre la hauteur de l'eau tombée au-dessus des pins et celle de l'eau

tombée en plaine, toujours à même altitude, la différence en faveur de la forêt a été beaucoup plus sensible : la moyenne de ces différences pendant les trois années 1875 à 1877, a été de $0^{m}057$ environ (0,05666).

Il pleut donc plus abondamment, toutes choses égales d'ailleurs, au-dessus des forêts qu'au-dessus des terrains non boisés, et plus abondamment au-dessus des massifs d'arbres résineux qu'au-dessus des bois composés d'essences feuillues (1). Premier résultat entièrement conforme à celui des observations analogues de M. Mathieu en ce qui concerne les bois à feuilles non persistantes.

Au moyen de psychromètres, M. Fautrat a relevé également le degré de saturation de l'air par l'humidité au-dessus des forêts feuillues et résineuses et en dehors d'elles. Il a trouvé pendant chacune des deux années 1874 et 1875 une différence de saturation de 1/100 en faveur de la forêt d'arbres à feuilles caduques, et de 3/100 en chacune des deux années suivantes, soit une moyenne de 0,02. Au-dessus des massifs de pins sylvestres la moyenne en faveur de ces derniers a été de 10 centièmes.

Les forêts produisent donc et retiennent autour d'elles plus de vapeurs qu'il n'en existe au-dessus des terrains découverts ; en sorte que « si les vapeurs dissoutes dans l'air étaient apparentes comme les brouillards, on verrait les forêts entourées d'un vaste écran humide ; et sur les résineux l'enveloppe serait plus tranchée que sur les bois feuillus (2). »

Les instruments d'observation de M. Fautrat n'ont pas tous été placés à une hauteur supérieure à celle des massifs de forêt observés. D'autres ont été disposés sous bois et sur le sol même, permettant de mesurer la différence entre la quantité d'eau tombée au-dessus du massif et celle qui a pu

(1) *Observations météorologiques* par M. Fautrat, sous-inspecteur des forêts In-4°. Paris, Imp. nationale. 1878.

(2) *Ibid.*

parvenir jusqu'à terre. Il a été ainsi constaté que l'eau reçue par le sol, sous le couvert des arbres feuillus de la station de Fleurines, a été moyennement des 64 centièmes de l'eau tombée au-dessus, et des 67 centièmes de l'eau tombée sur le sol agricole; que la proportion d'eau arrivée jusqu'à terre sous le couvert des pins sylvestres de la forêt d'Ermenonville, a été seulement de 46 ou 47 centièmes de l'eau tombée au-dessus, et des 50 centièmes de l'eau tombée en terrain découvert.

La feuillée et la ramure du massif d'arbres à feuilles caduques ont donc intercepté 1/3 des eaux tombées sous forme de pluies, et le couvert des arbres résineux plus de moitié. Ces eaux se sont résorbées dans l'atmosphère. Dans l'opération du reboisement des montagnes, les conifères seraient donc préférables aux arbres feuillus, puisqu'ils laisseraient arriver bien moins encore d'eau jusqu'au sol.

Mais ce résultat ne contredirait-il point celui de M. Mathieu, constatant que le sol forestier conserve et emmagasine plus d'eau que le sol agricole? Non; car l'observation n'est ici que partielle et doit être complétée par celle de la capacité d'évaporation des terrains boisés et non boisés. Or, en prenant les moyennes des chiffres relevés à ce dernier point de vue par M. Fautrat, on trouve que l'évaporation en terrain découvert est 3 fois et 2/3 (ou 3,66) plus forte que sous le massif de bois feuillu, et seulement de 2 fois et 1/3 (ou 2,33) que sous le couvert des pins. Si donc le sol boisé reçoit moins d'eau que le sol rural, il en retient beaucoup plus : la forêt à feuilles non persistantes ne laisse arriver au sol que les 2/3 de l'eau tombée du ciel; mais cette portion d'humidité qu'elle lui laisse, elle la lui conserve avec une intensité plus de trois fois et demie plus forte que le terrain non boisé (1).

(1) D'après Ebermayer la couverture de feuilles mortes qui tapisse le sol des bois exercerait, contre l'évaporation, une action égale à celle du couvert des arbres (M. Fautrat, *loc. cit.*) : il faudrait donc doubler le rapport 3,66 qui deviendrait 7,32.

L'effet est un peu moindre sous les arbres verts — au moins sous les pins sylvestres, — mais il y est encore fort important et suffit pour justifier l'influence des forêts sur la formation et la conservation des nappes d'eau souterraines qu'elles alimentent.

L'influence des forêts sur la température n'est pas constatée par M. Fautrat dans un autre sens que par M. Mathieu. Si l'on jette les yeux sur les tableaux graphiques qui accompagnent son mémoire, on est frappé : 1° de la constance générale des courbes de la température en forêt à rester au-dessous des courbes de la température en plaine ; 2° de l'écart très grand entre les températures maxima hors bois et sous bois, celles-ci (sous bois) étant les plus faibles, et de l'écart moins important des températures minima, ces dernières étant souvent plus élévées en forêt qu'en plaine ; 3° de la persistance de cet écart à croître quand la température s'élève et à diminuer quand elle baisse, aussi bien sur les courbes des températures minima que sur celle des températures maxima ; 4° enfin de ce fait que dans les bois résineux, les minima sont moins élévés dans la saison chaude (et souvent aussi dans la saison froide) que dans les bois feuillus. Nous laissons de côté d'autres observations moins importantes.

De toutes ces observations il ressortirait clairement :

Que les forêts en général et plus particulièrement les forêts d'arbres verts, exercent une influence marquée sur la répartition des pluies, les rendant plus abondantes sans doute, mais n'en laissant arriver qu'une portion à terre, et retenant cette portion, l'aménageant pour le maintien de la fraîcheur du sol et l'entretien des nappes d'eau souterraines, conservant le surplus à l'état d'écran de vapeur au-dessus des cimes de leurs arbres ;

Que les terrains non boisés reçoivent moins d'humidité, ne conservent que peu de temps et en faible quantité celle qu'ils reçoivent, et subissent des alternatives de sécheresse beaucoup plus fréquentes et marquées ;

Que la température de l'air est moins variée, plus constante dans les bois que dans les champs, soit qu'on la considère à divers moments de la journée, ou comme moyenne mensuelle et annuelle ; qu'elle amoindrit les chaleurs extrêmes, atténue les froids rigoureux, et accuse ainsi une tendance à uniformiser les saisons, exerçant par là, à l'intérieur des terres, une influence analogue à celle de la mer sur le climat des côtes.

Assurément, pour être absolument et définitivement hors de conteste, ces conclusions demanderont à être contrôlées par des séries d'observations de plus longue durée et en plus grand nombre encore. Mais la marche, et — si l'on peut ainsi s'exprimer — l'*esprit* des lois de la nature en cette matière, est déjà clairement indiquée. Des observations plus nombreuses, plus complètes, plus variées, seront utiles, nécessaires même, pour que l'on puisse préciser, rectifier, sur les points de détail, ces lois qui ne sont jusqu'ici qu'ébauchées ; mais il est dès à présent certain que ces lois ne seront pas modifiées quant à leur essence et à leurs principes fondamentaux. On peut donc dire que M. Mathieu, M. Fautrat et les autres membres du corps forestier français qui les ont accompagnés ou imités dans leurs laborieuses et patientes recherches, ont bien mérité de la science et, dans une certaine mesure, de l'humanité elle-même, s'il est vrai, comme on a cherché à le faire voir dans ce travail, que le bien-être des sociétés civilisées est lié à la prospérité comme à la bonne gestion de la propriété forestière.

XXIII

Conclusion.

Il est temps de mettre fin à cette longue étude. Elle est pourtant loin d'être complète. Elle passe sous silence notamment toute une importante série de recherches et

d'analyses chimiques sur la végétation forestière, sur le rôle des matières organiques du sol boisé, sur l'alios des landes et le sable des dunes, sur les marnes liasiques *(terres noires)* des Alpes (1) comme aussi plusieurs études géologiques fort importantes (2). Elle s'est bornée, en ce qui concerne le chêne, à la seule étude des chênes rouvre et pédonculé, les plus répandus, laissant de côté les variétés moins importantes, et particulièrement le chêne-liège qui, par la pratique du *démasclage* ou exploitation périodique de la partie subéreuse de son écorce, alimente l'industrie des bouchons de bouteille et autres objets en liège. Nous avons dû laisser également de côté les considérations que M. Mathieu, dans son œuvre magistrale de *Statistique forestière*, a présentées avec magnifiques cartes à l'appui, sur la distribution des formations géologiques en France et la répartition par rapport à elles des terrains boisés. Divers travaux plus spéciaux sur certaines industries (3) ou certaines cultures (4) locales, sur certains faits exceptionnels (5) ou nouvellement constatés (6), sur les opérations

(1) *Chimie et physiologie appliquées à la sylviculture*, par M. M. Fliche, Grandeau et Henry, professeurs à l'École forestière (*Annales de la station agronomique de l'Est*). — 1 vol. in-8°, VIII-414 pp. Paris, librairie agricole. 1878.

(2) *Notice sur les efflorescences des Hautes et Basses-Alpes*, par M. Garnier, inspecteur des forêts, membre de la Société géologique de France. — In-4°. Paris, Imp. nationale. 1878. — *Notice sur les terrains tertiaires miocènes de Céreste et Bois d'Asson* (Basses-Alpes) par M. Fliche, professeur à l'École forestière de Nancy. — In-4°. Paris, Imp. nat. 1878. — *Notice géologique et forestière sur la montagne de La Serre* (*Jura*), par M. Gouget, sous-inspecteur des forêts. — In-4°. Paris, Imp. nat. 1878.

(3) *Du sabotage dans la Lozère*, par M. Grosjean, inspecteur des forêts. — In-4°, Paris, Imp. nationale. 1878.

(4) *Études sur la truffe* dans le Vaucluse, par M. George-Grimblot, inspecteur des forêts. *Ibid.*

(5) *Invasion des bostryches dans les forêts du Jura*, par M. Grandjean, conservateur des forêts. *Ibid.*

(6) *Remarques sur deux variétés d'épicéa* par M. L. Brenot, sous-inspecteur des forêts. *Ibid.* — *Nouveaux procédés de culture du chêne en pépinière*, par M. H. Levret, sous-chef à l'administration des forêts. *Ibid.*

géodésiques (1), et d'autres encore (2), n'ont pu même être mentionnés.

Il faudrait, pour réunir et grouper en une synthèse complète cet ensemble de travaux si variés et si remplis de faits, non le labeur rapide d'une simple étude, mais une de ces œuvres lentement conçues, longuement méditées, et qui méritent de s'appeler un livre.

Si incomplète qu'elle soit cependant, cette étude suffira, nous l'espérons, pour donner aux esprits réfléchis qui auront bien voulu prendre la peine de la lire, une idée générale de ce que sont les forêts, de leur importance et de leur rôle, non seulement dans la marche de la civilisation industrielle et dans l'économie sociale, mais aussi dans le régime des eaux, le maintien des terres sollicitées par des causes quelconques à des déplacements divers, dans la fertilité des monts et des vallées, dans les conditions hydrologiques, climatériques et sanitaires des contrées.

A la vérité cette revue des manifestations complexes de l'art forestier concerne la France seule. Mais les lois de la nature n'ont pas de nationalité. Ce qui est vrai forestièrement pour la France, est vrai, à des degrés différents, suivant leurs conditions particulières, pour les autres nations. Dans toute région montagneuse, la prospérité du pays, la richesse culturale, la densité de la population sont en raison directe de l'étendue, de la sage répartition et du bon état de la propriété forestière; et le contre-coup de cet état de choses peut réagir jusque sur des plaines parfois bien éloignées, mais reliées par les cours d'eau qui les traversent à la région montagneuse boisée ou déboisée. En sorte qu'il

(1) *Notice sur les procédés de* LEVER DES PLANS *et sur leur application aux services publics*, par H. Barré et L. Roussel, professeurs à l'École forestière. *Ibid.*

(2) *Notice sur l'emploi du bois dans la fabrication du papier*, par M. Jolivet, sous-inspecteur des forêts. — Paris, Imp. nat. 1877.

— *Notice sur la règle à cubage des arbres*, par M. de Montrichard, sous-inspecteur des forêts. — Paris, Imp. nationale. 1878.

est très généralement exact et conforme aux faits de dire avec M. Clavé (1): « Contrée déboisée, contrée pauvre; contrée boisée, contrée prospère. » Un coup d'œil jeté sur la carte forestière de la France que M. Mathieu avait exposée au chalet du Trocadéro, suffit pour donner le sentiment de cette importante vérité. Nous n'en citerons qu'un ou deux exemples : la chaîne des Vosges, le Morvan, le Jura, contrées montagneuses boisées et où les forêts sont généralement en bon état de conservation, ont une population nombreuse, aisée, active. Les populations des Alpes, des Cévennes, du Plateau Central où le déboisement s'est produit sur une grande échelle, où les forêts qui restent sont fréquemment réduites à l'état de clairières et de broussailles, ces populations sont clairsemées, appauvries, en décroissance (2).

S'il en est ainsi, quel vaste champ l'art forestier ne peut-il pas ouvrir à l'activité des hommes éclairés, intelligents, désireux du progrès !

A considérer d'abord les sols trop pauvres pour se prêter à une culture agricole, régulière et suivie, et qui, boisés jadis pour la plupart, sont aujourd'hui à l'état de landes et de friches, il y a en expectative, pour les possesseurs de tels terrains, des spéculations d'un succès assuré et dont le résultat serait de les enrichir tout en apportant un accroissement fort appréciable à la richesse publique. La plus grande partie des 7 à 8 millions d'hectares de friches et terres improductives que l'on compte seulement en France, et les terrains similaires des autres pays, demanderaient, dans bien des cas, peu d'efforts et des frais relativement faibles pour se couvrir en quelques années d'une belle végétation ligneuse, richesse de l'avenir. Les bois n'ont que peu d'exigences ; les agents atmosphériques

(1) *Loc. cit.*

(2) *Statistique forestière*, p. 7. — *Notice sur les documents relatifs aux travaux du reboisement des montagnes dans les Basses et Hautes-Alpes*, par P. Demontzey, conservateur des forêts. — Paris, Imp. nationale. 1878.

entrent pour la part principale dans leur alimentation et, on l'a vu, il n'est sol si maigre, si aride et si rebelle, sur lequel ne puissent prospérer telles ou telles essences forestières.

Ce n'est pas seulement dans la création de forêts nouvelles que réside la virtualité du progrès dans l'art forestier. L'amélioration, ou pour être exact, les améliorations à introduire dans l'état et le traitement des bois existants, présentent une tâche en quelque sorte inépuisable.

Deux ordres principaux de travaux résument à eux seuls l'essence même de l'amélioration des forêts : la régénération des peuplements incomplets, clairièrés, abroutis, plus ou moins ruinés par quelque cause que ce soit ; la création et l'entretien, sur tous les points, d'un système complet de viabilité. Le premier réclame plus spécialement les connaissances et la compétence du sylviculteur, le second de l'ingénieur et de l'économiste ; tous deux l'expérience et la sagacité du forestier.

On a vu, vers la fin de la seconde partie de ce travail, quelles difficultés prodigieuses sont à vaincre parfois pour doter de routes, de chemins quelconques d'exploitation les forêts des montagnes escarpées. Mais déjà le chemin de *Schlitte* des Vosges a fait son apparition dans les Basses-Pyrénées et s'est accru du pont de cordes aérien de M. l'inspecteur des forêts Viard, pour la traversée des ravins infranchissables. La route forestière des Charmettes, sur les flancs de la montagne de la grande Chartreuse, reste comme un modèle de ce que peut, pour vaincre tout obstacle, l'art forestier servi par une intelligence d'élite. Le corps des ponts et chaussées lui-même a voulu rendre hommage à ce bel œuvre ; dans un recueil des travaux les plus remarquables produits par l'art de l'ingénieur depuis le commencement du siècle, recueil exposé par ce corps savant au chalet des Travaux publics (Classe 46), figuraient les plans, profils, coupes et devis de la route de la Chartreuse de M. l'inspecteur des forêts Viaud. Nous avons

dit (XII) que cet agent si brillant avait fini ses jours sous la robe de bure. Mais il n'avait pas attendu cette détermination finale et suprême pour être un chrétien fervent et convaincu : c'est ainsi que les *cléricaux* entravent le progrès et sont les ennemis de la science et des lumières.

Il faudrait que toutes nos montagnes boisées fussent ainsi desservies par des voies de transport, pour qu'aucun produit forestier ne pût être perdu pour la consommation ou afin qu'il pût ne recevoir qu'un emploi digne de lui : non seulement les montagnes, mais toutes régions, toutes contrées couvertes de végétation ligneuse. Qu'est-ce qu'une richesse qui, faute de débouchés, ne peut être exploitée ? une non-valeur. Établir des débouchés c'est donc, pour les forêts, une œuvre de sage économie, puisque c'est provoquer l'entrée en acte de tous les éléments de richesse publique qui sont en puissance dans son sein.

Créer des forêts, améliorer celles qui existent, puis au moyen de réseaux de viabilité complets, ne plus laisser échapper à la consommation publique aucun de leurs moindres produits, voilà sans doute une série de progrès à réaliser qui offrent un vaste aliment aux émulations les plus actives.

Il en est d'autres encore.

Il faudrait que ce procédé d'exploitation barbare consistant à abattre le chêne en sève pour en extraire l'écorce pût être abandonné. Il faudrait que la carbonisation des bois ne se fît pas moyennant la perte absolue de toutes les substances chimiques formées par cette opération même. La carbonisation en chantier pourrait se combiner avec l'écorcement à la vapeur également en chantier, à portée immédiate des cours d'eau. La production des étais de mines, qui nécessitent un bois complètement dépouillé de toute écorce, a un concours important à attendre de l'écorcement artificiel.

Il faudrait aussi que des bois de premier ordre comme le chêne, le hêtre et une foule d'autres, n'abandonnassent

au chauffage que leur moindre production et non leurs quatre cinquièmes. Cela se peut réaliser par un emploi plus général et plus judicieux des combustibles minéraux. A supposer que nos charbonnages français ne puissent suffire à une consommation plus étendue, mieux vaudrait demander à l'étranger ces combustibles à bas prix que de lui acheter à chers deniers des bois de construction, de service et d'industries de toute nature, tandis que nous brûlons inconsidérément dans nos foyers des bois qui auraient une valeur égale à ceux du dehors, si nous savions les employer suivant leur plus grande somme d'utilité.

Il serait à désirer encore que les particuliers, propriétaires de bois et de forêts pouvant produire des étais de mines et des traverses de chemin de fer, élevassent en conséquence l'âge d'exploitabilité de leurs taillis et ménageassent au-dessus de ces derniers des réserves plus abondantes (1).

L'accroissement continu de ces deux modes de consommation indique que c'est surtout dans cette voie que doit être dirigée la production des bois de dimensions moyennes, c'est-à-dire celle qui convient le mieux à la condition de la propriété individuelle en France.

Enfin l'extension et l'amélioration de la propriété forestière ne serait pas—il est aujourd'hui permis de l'affirmer, — sans exercer une influence salutaire sur les conditions hydrologiques et sur le climat des pays où elle existe ou peut exister.

Partout la marche et les développements de la civilisation avaient jusqu'ici provoqué, par un effet naturel, le déboisement. Il fallait bien quand, aux premiers temps de

(1) On a vu plus haut que la consommation annuelle des étais de mines en France a atteint, depuis quelques années, un chiffre approchant de 740 000 stères. D'après M. Thélu, les taillis et les éclaircies pratiquées dans les futaies fourniraient chaque année, en France, « plus de deux millions de mètres cubes de traverses de chemin de fer. » (p. 101). Faute de houille ces énormes masses de bois seraient consumées dans les foyers ; mais, grâce à la houille, cette production peut et doit être augmentée.

notre ère, les Gaules et la Germanie ne formaient guère qu'une immense forêt, il fallait bien conquérir sur elle le sol nécessaire à la culture des céréales et à l'habitation de l'homme.

Pendant des siècles l'œuvre de défrichement s'est poursuivie au grand profit de la civilisation elle-même. Mais depuis longtemps, en France comme dans d'autres pays, l'équilibre désirable est dépassé et rompu. De là ces montagnes décharnées, de là ces landes et ces friches incultes qui déparent tant de contrées. Mais de là aussi la naissance et les développements de l'art forestier qui a précisément pour raison d'être et pour but, et de tirer le meilleur parti du matériel produit par les forêts et de réagir contre les suites trop prolongées de l'impulsion donnée à l'origine, afin de rentrer dans ce sage milieu, également éloigné des extrêmes, et qui, dans l'ordre des choses relatives et contingentes, est toujours et partout l'expression la plus certaine de la vérité.

CHARLES DE KIRWAN.

L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE

SIXIÈME ARTICLE (1).

VII. — LES ACTIONS VITALES.

Les phénomènes matériels étudiés jusqu'ici doivent tous être rangés dans la catégorie des phénomènes *nécessaires*, non qu'ils soient tels *à priori*, mais parce qu'ils sont dans tous leurs détails une conséquence rigoureuse des lois générales et d'un état antérieur dit initial. Il en est d'autres que nous avons plusieurs fois déjà désignés sous le nom de *volontaires*, et la fin du chapitre précédent nous a montré leur importance ; car ils font partie de ces actes libres dont, grâce à la Providence divine, les lois générales et l'état initial du monde ne sont eux-mêmes qu'une simple conséquence. Ce sont ces actes libres qui donnent au plan de l'univers son véritable caractère et sa véritable grandeur. Essentiellement soustraits à l'enchaînement des causalités, qui seul peut révéler les événements futurs à un être fini, ils n'appartiennent qu'à la prescience éternelle de Celui

(1) Voir janvier, avril et juillet 1877, avril et octobre 1878.

pour qui tout est présent ; et, puisqu'ils sont en réalité la clef de voûte de l'univers, ils font de ce vaste édifice une œuvre exclusivement providentielle, dont le plan dépasse la portée de toute intelligence créée. Nous avons vu, ou plutôt nous voyons sans cesse que ce concept de la création, tout sublime qu'il est, se trouve gravé au fond de toutes les consciences ; c'est lui qui se manifeste dans tous les hommes par l'invincible croyance à la Providence spéciale et par le besoin impérieux de la prière (1).

(1) Après avoir lu notre chapitre VI, un ami nous signala une lettre d'Euler, dans laquelle cet illustre géomètre expose très clairement la même doctrine. C'est la 90e *Lettre à une princesse d'Allemagne*. Nous voudrions la citer tout entière ; en voici du moins quelques passages :

« Je remarque d'abord, que quand Dieu a établi le cours du monde, et qu'il a arrangé tous les événements qui devaient y arriver, il a eu égard à toutes les circonstances qui accompagnaient chaque événement, et particulièrement aux dispositions, aux vœux et aux prières de chaque être intelligent, et que l'arrangement de tous les événements a été mis parfaitement d'accord avec toutes ces circonstances. Quand donc un fidèle adresse à Dieu une prière digne d'être exaucée, il ne faut pas s'imaginer que cette prière ne parvient qu'à présent à la connaissance de Dieu. Il a déjà entendu cette prière depuis toute l'éternité, et si ce père miséricordieux l'a jugée digne d'être exaucée, il a arrangé exprès le monde en faveur de cette prière, en sorte que l'accomplissement fût une suite du cours naturel des événements. C'est ainsi que Dieu exauce les prières des fidèles sans faire des miracles ; quoiqu'il n'y ait aucune raison de nier que Dieu ait fait et fasse encore quelquefois de vrais miracles.

» L'établissement du cours du monde une fois fixé, loin de rendre nos prières inutiles, comme le prétendent les esprits forts, augmente plutôt notre confiance, en nous apprenant cette vérité consolante, que toutes nos prières ont été déjà présentées dès le commencement aux pieds du trône du Tout-Puissant, et qu'elles ont été placées dans le plan du monde, comme des motifs sur lesquels les événements devaient être réglés, conformément à la sagesse infinie du Créateur. . . . . .

» Il en faut absolument conclure que les êtres intelligents et leur salut doivent avoir été le principal objet sur lequel Dieu a réglé l'arrangement de ce monde, et nous devons être assurés que tous les événements qui y arrivent sont dans la plus merveilleuse liaison avec les besoins de tous les êtres intelligents, pour les conduire à leur véritable félicité ; mais sans contrainte, à cause de la liberté qui est aussi essentielle aux esprits que l'étendue l'est aux corps. Il ne faut donc pas être surpris qu'il y ait des êtres intelligents qui n'arriveront jamais au bonheur.

» C'est dans cette liaison des esprits avec les événements du monde que

L'orgueil rougit de ce besoin ; il est des hommes qui, à certaines heures, parviennent à s'aveugler scientifiquement et à étouffer pour un temps la flamme qui éclaire leur conscience. Il leur faut un homme sans liberté, un monde sans Providence ; aussi tout leur univers tient dans les atomes, fatalement gouvernés par les équations de la dynamique. Ils n'y voient plus d'autre grandeur que celles de l'espace et du temps. Ils nous donnent, il est vrai, comme seule capable de le comprendre, une intelligence immensément supérieure à celle de l'homme, et ils le développent sans limites dans le mystérieux non-sens de l'infini ; mais on ne peut, après tout, s'empêcher de voir que toutes les opérations de cette vaste intelligence pourraient être exécutées par une machine à calculer. Voici, par exemple, ce qu'affirme, sans la moindre preuve, M. Émile du Bois-Reymond, professeur à l'Université de Berlin :

consiste la providence divine, à laquelle chacun a la consolation de participer ; de sorte que chaque homme peut être assuré que, de toute éternité, il est entré dans le plan du monde, et que même tout ce qui lui arrive se trouve dans la plus étroite connexion avec ses besoins les plus pressants et qui tendent à son salut. »

Cette doctrine, qu'il ne faut pas confondre avec celle de Leibnitz sur l'harmonie préétablie, n'est pas née au XVIIIe siècle. Saint Thomas d'Aquin au XIIIe, et Saint Grégoire le Grand au VIe, l'enseignaient également, comme on peut le voir par le passage suivant de la *Summa Theologica* (2^a 2^æ, quæst. 83, art. 2).

« Oportet sic inducere orationis utilitatem, ut neque rebus humanis divinæ providentiæ subjectis necessitatem imponamus, neque etiam divinam dispositionem mutabilem æstimemus.

» Ad hujus ergo evidentiam considerandum est, quod ex divina providentia non solum disponitur qui effectus fiant, sed etiam ex quibus causis et quo ordine proveniant. Inter alias autem causas, sunt etiam quorumdam causæ actus humani. Unde oportet homines agere aliqua, non ut per suos actus divinam dispositionem immutent, sed ut per actus suos impleant quosdam effectus secundum ordinem a Deo dispositum ; et idem etiam est in naturalibus causis Et simile est etiam in oratione : non enim propter hoc oramus ut divinam dispositionem immutemus, sed ut id impetremus quod Deus disposuit per orationes esse implendum, ut scilicet *homines postulando mereantur accipere quod eis Deus omnipotens ante sæcula disposuit donare*, ut Gregorius dicit in Lib. I. Dialogorum (Cap. VIII a med.). »

« On peut concevoir une connaissance de la nature telle que tous les phénomènes de l'univers y seraient représentés par une formule mathématique, par un immense système d'équations différentielles simultanées, qui donneraient pour chaque instant le lieu, la direction et la vitesse de chaque atome de l'univers. « Une intelligence, dit Laplace, « qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces « dont la nature est animée, et la situation respective des « êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste « pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait « dans la même formule les mouvements des plus grands « corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne « serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé « seraient présents à ses yeux. L'esprit humain offre, dans « la perfection qu'il a su donner à l'astronomie, une faible « esquisse de cette intelligence. » *(Essai philosophique sur les probabilités.)*

» En effet, de même que l'astronome n'a qu'à donner au temps, dans les équations de la lune, une certaine valeur négative, pour y démêler si, lorsque Périclès s'embarquait pour Épidaure, le soleil était éclipsé au Pirée ; de même l'intelligence conçue par Laplace, pourrait, par une discussion convenable de sa formule universelle, nous dire qui fut le Masque de fer ou comment le *Président* coula à fond. De même que l'astronome prédit le jour où, du fond de l'espace, une comète revient après des années émerger à la voûte céleste ; de même cette intelligence lirait dans ses équations le jour où la croix grecque brillera sur la mosquée de Sainte-Sophie, et celui où l'Angleterre brûlera son dernier morceau de houille. En faisant dans sa formule $t = -\infty$, elle découvrirait le mystérieux état initial des choses ; elle verrait, dans l'espace infini, la matière soit déjà en mouvement, soit inégalement distribuée ; car, dans une distribution uniforme, l'équilibre instable n'aurait jamais été troublé. En faisant croître t positivement et sans limite, elle apprendrait si un temps fini, ou seulement un

temps infini amènera cette immobilité glacée dont la loi de Carnot menace l'univers » (1).

M. du Bois-Reymond est, on le voit, plus franchement fataliste que Laplace. Les seuls événements futurs qu'il prenne pour exemples, sont de ceux qui, d'après le sens commun, dépendent de la liberté ; et en prétendant que sa formule universelle permettrait de les prédire à coup sûr, il les dépouille nettement d'une note caractéristique qui, toujours d'après le sens commun, appartient essentiellement aux actes volontaires. Pour appuyer une doctrine si étrange, il n'apporte pas, il n'essaie pas même d'apporter un argument. Mais nous aurions tort de nous en étonner ; il y a des théories où la preuve ne manque jamais de compromettre la thèse. Les positivistes nous ont depuis longtemps habitués à ces façons d'agir ; on n'a plus le droit de leur demander des preuves, et l'on doit toujours admettre *à priori* que le sens commun se trompe quand il est clairement d'accord avec la religion.

Nous sommes d'une école plus modeste qui, dans les sciences et la philosophie, n'impose que ce qu'elle peut établir par de solides arguments. Nous raisonnerons donc, même pour montrer que le sens commun n'a pas tort ; nous prouverons l'existence de phénomènes volontaires qui, bien que matériels et soumis dans une certaine mesure aux lois de la dynamique, ne peuvent pourtant être prévus par elle. Au fond toutes les questions qu'il nous reste à traiter dans la suite de ce travail, contribueront à cette démonstration ; car elles auront toutes pour objet les actions vitales et, comme nous le montrerons dans un autre chapitre, toute action vitale suppose le volontaire, sinon en elle-même et dans sa cause immédiate, du moins dans une cause éloignée ; mais, déjà dans ce chapitre, nous verrons clai-

(1) *Ueber die Grenzen des Naturerkennens*, ein Vortrag in der zweiten öffentlichen Sitzung der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Leipzig am 14 August 1872 gehalten.

rement, dans toute une catégorie de phénomènes vitaux, cette note caractéristique et indubitable que les matérialistes s'efforcent de ne point voir. Le passage médiocrement scientifique que nous venons de citer, et qui n'est pas le seul de ce genre dont l'auteur soit un savant, suffira pour montrer l'importance morale et philosophique de l'étude que nous abordons.

Il n'est pas nécessaire, pour préciser les questions à traiter, de donner ici des phénomènes vitaux soit une définition scientifique, soit une description détaillée. Commencer par une définition capable d'en caractériser la nature et de les différencier exactement parmi tous les autres serait, nous semble-t-il, s'exposer à préjuger ces questions. Toute définition de mots serait d'ailleurs inutile et l'on n'y gagnerait rien pour la clarté. A quoi bon supposer que le lecteur ne peut pas distinguer entre ce qu'il appelle les corps vivants et les corps bruts, entre les phénomènes spéciaux qu'il observe dans les premiers et ceux qui se montrent également dans les uns et les autres?

Au contraire, une description détaillée de ces phénomènes serait fort utile ; elle préciserait et développerait cette connaissance un peu vague et confuse qui nous dispense de la définition. Mais à quoi reviendrait-elle? A un véritable traité de physiologie générale avec ses pièces anatomiques et ses expériences. Sans compter les nombreux liquides qui se sécrètent et fonctionnent chimiquement dans la plupart des organes, il faudrait décrire la cellule et les autres éléments histologiques (1), dire ce que l'on sait de leur nutrition, de leur reproduction, de leurs fonctions et de leur mort ; montrer comment il se fait entre ces éléments des associations d'où résultent les organismes des plantes et des animaux, comment ces associations, fondées sur le principe de la division du travail, ont généralement pour résultat une

(1) ἱστός, tissu.

exécution plus parfaite des fonctions organiques, puis exposer avec ordre les grandes fonctions d'un organisme complet, suivre dans toute l'économie les gaz et les liquides absorbés ou sécrétés, et les organes mobiles, tels que les globules du sang, charriés par les liquides à travers le corps vivant, expliquer enfin, autant qu'on le peut aujourd'hui, l'accroissement et le renouvellement de toutes leurs parties, la génération de nouveaux organismes semblables aux premiers ; et, dans les animaux, les admirables phénomènes dont les muscles et surtout le système nerveux sont le théâtre. Il faudrait même considérer tout ce qu'il y a de spécial aux corps vivants dans leurs relations avec le monde extérieur, avec la lumière et la chaleur, avec l'atmosphère, avec les eaux des fleuves et des mers, avec tout ce qui leur sert d'aliments ou leur donne un moyen de déployer leur activité vitale. Évidemment nous devons y renoncer, mais nous ne le faisons qu'en signalant la grande importance et le vif intérêt qu'il convient d'accorder aux recherches de la physiologie. Relativement récente, cette physique des phénomènes vitaux a déjà fait de grandes découvertes ; et comme il arrive toujours, en s'organisant, en avançant, elle a vu reculer les bornes de son horizon, elle a vu surgir des problèmes difficiles et nombreux dont, à ses débuts, elle ne soupçonnait pas l'existence. Tout avantageuses que seraient pour notre étude ces connaissances détaillées, elles ne sont pas rigoureusement indispensables ; car nous n'essaierons jamais, dans la suite de ce travail, de faire des découvertes physiologiques. Quant au chapitre actuel, ce que nous allons rechercher, le voici.

Y a-t-il dans les phénomènes vitaux d'autres actions matérielles que les actions atomiques étudiées jusqu'ici, et par suite nous révèlent-ils l'existence de nouveaux agents ? Quelle nature, quelle puissance active particulière faudrait-il reconnaître à ces nouveaux agents, à ces nouvelles causes substantielles ?

Il serait sans doute impossible de répondre à ces deux

questions, si l'on ignorait complètement la physiologie ; mais une analogie bien simple va nous montrer qu'une étude approfondie de cette science n'est pas indispensable pour les aborder utilement. Tous nous voyons et nous admettons que les plantes et les animaux nous présentent au moins de merveilleux organismes, c'est-à-dire des machines dont les divers organes combinent admirablement leurs fonctions pour obtenir certains résultats. Sous ce rapport ils ressemblent à nos modestes machines artificielles, à nos montres, à nos orgues, à nos locomotives. Supposons qu'en voyant fonctionner ces dernières on se demande : Y a-t-il dans les phénomènes spéciaux de la montre, de l'orgue, de la locomotive, des éléments différents de ceux qui composent les autres phénomènes du règne minéral? Faut-il admettre quelque nouvelle puissance active, intelligente ou non, qui se révèlerait à nous dans le jeu de ces machines? Remarquez que cette seconde question ne porte pas sur l'existence et l'intelligence de leur constructeur, mais sur la nature des agents qui les font fonctionner. Devant un pareil problème, un sauvage, qui verrait ces machines pour la première fois, pourrait hésiter à répondre ; peut-être même il se tromperait sans hésiter. Mais il est évident qu'après les avoir vues fonctionner assez souvent, sans connaître le détail de leurs organes, sans avoir jamais fait un cours de physique, tout homme du monde répondra non, sans crainte de se tromper. Il est bien entendu que je ne veux pas pousser le lecteur à résoudre négativement, par analogie, la question relative aux phénomènes vitaux ; je veux seulement montrer qu'il est permis d'aborder et même de résoudre un problème analogue, sans une connaissance approfondie de ce qu'on pourrait appeler la physiologie de nos machines artificielles.

Mais votre analogie cloche, me dit-on. Ce qui autorise les gens du monde, sans physique et sans mécanique, à répondre sûrement à votre question, c'est l'origine artificielle de ces machines. Ils savent qu'elles ont été construites par

d'autres hommes, que ceux-ci n'ont pu y mettre que des éléments puisés dans un certain milieu, et que par conséquent ces éléments et leurs combinaisons doivent être de la même nature que ce milieu lui-même. Les organismes végétaux et animaux sont des machines naturelles. Que savons-nous du grand réservoir des possibles où puise leur constructeur? Ne faut-il pas dès lors, pour suppléer à notre ignorance, une connaissance beaucoup plus approfondie des organes et du jeu de ces machines vivantes?

Je reconnais la force de cet argument, mais il ne faudrait pas l'exagérer. Les corps vivants ne sont pas les seules machines naturelles que nous connaissons; il en est d'autres pour lesquelles nous pouvons résoudre notre problème sans une connaissance bien détaillée de leurs phénomènes spéciaux. Ainsi l'on n'a pas attendu les derniers progrès de la mécanique céleste, pour débarrasser le système solaire des substances intelligentes, chargées autrefois de pousser et de conduire les planètes dans l'espace. Autre exemple. La terre, considérée dans son ensemble, avec ses continents, ses bassins et ses chaînes de montagnes, avec ses volcans, ses déserts et son atmosphère, avec ses fleuves et ses mers, est une véritable machine naturelle. Elle a des veines et des artères, avec une circulation incessante d'eaux, de vapeurs et de glaces, qui ici désagrège d'anciens organes, là en construit de nouveaux. Elle est soumise aux influences d'un milieu cosmique où l'on peut dire qu'elle se nourrit de chaleur et de lumière, et sur lequel elle réagit à son tour. Il faut probablement en dire autant de tous les autres corps célestes. Et pourtant, si la réponse a pu jadis être douteuse, si certains philosophes de l'antiquité ont vu dans les corps célestes, les uns des pierres, d'autres des animaux, il est bien certain qu'on n'a pas non plus attendu les derniers progrès de la géologie pour être parfaitement fixé sur la question. Depuis longtemps, on ne demande qu'aux forces minérales l'explication de ces phénomènes quasi-vitaux, on n'y suppose plus

d'autres agents que les substances atomiques. De même, disons-nous, il ne doit pas être impossible d'arriver à une solution satisfaisante de notre problème, sans attendre les perfectionnements futurs de la physiologie, sans exposer même l'état actuel de cette science.

De plus, comme nous n'avons pas à faire l'historique de la question, nous pouvons nous dispenser de définir tout un vocabulaire de mots abstraits, depuis longtemps créés par les philosophes qui l'ont étudiée. Tels sont, par exemple, pour désigner les solutions plus ou moins différentes proposées jusqu'ici, les noms de mécanisme, dynamisme physico-chimique, organicisme, histologisme, vitalisme, animisme et d'autres encore. Nous préférons renoncer à l'emploi de ces termes, et nous le pouvons sans nous priver d'aucun avantage. Les chapitres précédents ont fixé le sens de mots scientifiques qui nous suffiront amplement. Ces mots, je prie le lecteur de se le rappeler, n'ont jamais été employés que dans le sens rigoureux de leurs définitions. Force, travail, force vive, énergie, et tout le vocabulaire de la mécanique ont partout et toujours représenté les mêmes idées, idées assez nettes d'ailleurs pour se traduire facilement en nombres. Le mot *corps* est peut-être le seul de ces termes caractéristiques qui ait, suivant les circonstances, reçu deux acceptions différentes, représentant parfois l'ensemble des phénomènes qui se passent dans un lieu donné, parfois l'ensemble des agents, causes substantielles de ces phénomènes. Aussi je ne crois pas qu'on soit exposé à se méprendre sur la portée exacte des propositions établies jusqu'ici. Que la philosophie veuille bien me le pardonner, je doute réellement qu'on puisse apporter la même netteté dans les questions que nous traitons, en puisant exclusivement ou trop largement dans son dictionnaire.

Pour répondre à la première de nos deux questions, commençons par montrer clairement, dans toute une catégorie de phénomènes vitaux, une note caractéristique que

n'admet pas l'action purement atomique. Cette note, c'est le volontaire qui, sans les soustraire complètement aux lois de la dynamique, fait cependant qu'ils n'en sont pas une conséquence rigoureuse, et qu'ils ne peuvent être prévus par elle. On sait assez que, pour les actes humains, c'est là une thèse de sens commun et que, par suite, ceux qui la nient peuvent à chaque instant être surpris en flagrant délit de contradiction avec eux-mêmes; car ils l'admettent sans cesse dans la pratique de leur vie quotidienne, bien qu'ils la rejettent ordinairement quand ils sont à l'état dogmatique. L'histoire d'ailleurs nous apprend que les matérialistes ne se sont résignés à la rejeter que malgré eux, lorsque le progrès des sciences les eut forcés à reconnaître le nécessaire dans les phénomènes purement atomiques. Le lecteur n'a pas oublié les beaux vers de Lucrèce, cités plus haut vers le milieu du chapitre II :

> Libera per terras unde hæc animantibus exstat,
> Unde est hæc, inquam, fatis avolsa voluntas,
> Per quam progredimur, quo ducit quemque voluptas? etc. (1)

Il n'a pas oublié l'éloquence avec laquelle le poète matérialiste en appelle au volontaire pour établir la *déclinaison* des atomes imaginée par Épicure. Mais qu'importe ici l'histoire? Nous avons promis des arguments pour faire voir que le sens commun a raison contre des adversaires qui ne raisonnent guère.

Il est bien aisé d'exposer ces arguments, si l'on se rappelle ce que nous avons dit au chapitre IV, lorsqu'il s'agissait de former le concept des causes substantielles. Chacun de nous a de lui-même une connaissance directe, parfaitement distincte et même indépendante de la connaissance qu'il a aussi de ses propres actions; nous en avons la preuve dans la certitude absolue avec laquelle nous reconnaissons notre simple individualité à travers la multiplicité de nos

(1) *De rerum natura*, L. II, v. 256.

actes, notre identité à travers leur succession. Cette connaissance directe est précisément ce qui nous permet d'acquérir une connaissance indirecte des autres agents; car nous n'avons aucun sens qui nous mette en rapport immédiat avec leur substance; nous ne connaissons directement que leurs actions, mais, grâce à l'analogie, nous voyons derrière elles les substances capables de les produire. Ainsi, des actions directement connues nous concluons l'activité, et l'existence d'un support substantiel de cette activité. Mais, pour nous-mêmes, on peut dire que nous nous voyons face à face au fond de notre conscience, que nous y voyons l'activité même qui nous constitue. Aussi nous connaissons, nous sentons par le sens intime, non seulement ce que nous faisons, c'est-à-dire nos actions, mais encore ce que nous pouvons faire, c'est-à-dire notre puissance active, notre activité. Aussi, en posant un acte, nous savons que c'est un acte libre, parce que nous nous sentons capables de ne pas le poser et même de faire le contraire. Cette conviction de sens intime s'impose à nous si bien qu'il nous est presque toujours impossible de la rejeter, et elle nous revient opiniâtrément malgré toutes les négations. De toutes les vérités de fait il n'en est pas pour nous de plus évidente et de plus impérieuse. Tant pis pour le matérialisme, qui est obligé de la contredire. Je ne prétends pas que le matérialiste qui déclare ne pas la voir manque de sincérité, mais je suis sûr qu'il est au moins aussi sincère quand, bientôt après, dans l'usage de la vie, dans ses rapports avec ceux qui lui plaisent et surtout avec ceux qui lui déplaisent, il s'en montre parfaitement convaincu. Eh bien, puisque cette liberté que nous voyons si bien, se trouve dans un grand nombre de nos actions matérielles, dans nos mouvements musculaires par exemple, il s'ensuit qu'il y a des phénomènes matériels qui, suivant notre bon plaisir, peuvent être ou ne pas être, et qui par conséquent ne sont pas un effet nécessaire de l'état antérieur des atomes dans l'univers et des lois de la dynamique.

Mais notre thèse va plus loin, et le sens intime prouve quelque chose de plus. Sans être un effet nécessaire de l'état antérieur du monde, mon acte volontaire pourrait encore, par le renversement de la relation, être rigoureusement lié avec lui. On connaît le système de l'harmonie préétablie, imaginé par Leibnitz pour expliquer l'influence de l'âme sur le corps. Dans ce système l'acte volontaire de l'homme ne serait pas le phénomène matériel, il serait tout intérieur, tout spirituel. Dieu aurait disposé l'état initial du monde de façon qu'à chaque moment, sans lien immédiat, le résultat matériel voulu coïncidât de lui-même avec la volition.

Il n'y aurait donc qu'une relation éloignée de causalité entre nos actes intérieurs et les actes matériels qui semblent en résulter, absolument comme entre la prière et le bienfait qu'elle obtient. Toute la série des phénomènes où interviennent les substances atomiques n'aurait d'autre cause immédiate que ces substances inintelligentes; elle serait rigoureusement déterminée, dans tous ses détails, par les lois de la dynamique. On voit par là, pour le dire en passant, combien le système de l'harmonie préétablie diffère du plan providentiel exposé au chapitre précédent. Leibnitz, nous semble-t-il, ne l'aurait pas imaginé s'il n'avait commencé par croire, bien à tort selon nous, qu'il n'y a pas moyen d'expliquer autrement l'influence de l'âme sur le corps. Quoi qu'il en soit, et malgré la grande autorité de son auteur, nous ne craignons pas d'affirmer que cette hypothèse est formellement contredite par le sens intime. Celui-ci nous révèle en effet que le libre arbitre, la liberté interne de notre volonté, est une partie essentielle de notre nature, que par conséquent celui-là seul peut l'anéantir qui peut nous anéantir nous-mêmes. Aucune puissance finie ne peut donc nous le ravir, aucune ne peut nous faire vouloir malgré nous. Et cependant, dans le système de l'harmonie préétablie, non seulement l'intelligence imaginée par Laplace et rappelée par M. du Bois-Reymond, mais proba-

blement une intelligence beaucoup moins pénétrante et moins bien renseignée, pourrait venir nous dire : A tel instant précis vous voudrez lever le bras, à tel autre instant vous voudrez marcher, ensuite vous voudrez prononcer telles paroles, vous commettrez telle bonne ou telle mauvaise action ; car j'ai vu dans mes équations qu'à ces instants ces divers mouvements doivent être exécutés par votre organisme, et les mouvements de votre organisme ont été prédisposés pour correspondre infailliblement à vos volitions. Cette intelligence pourrait ainsi nous prédire tous nos actes à la suite les uns des autres, et elle ne se tromperait pas. Or n'est-il pas vrai qu'en agissant ainsi elle supprimerait entièrement notre libre arbitre? Et cependant le sens intime nous révèle clairement que notre libre arbitre est supérieur à ses atteintes ; il nous rend parfaitement certains que, si de pareilles prédictions nous étaient faites, nous serions maîtres de leur infliger un complet démenti. Cette certitude n'admet pas le moindre doute, elle résulte de la vue claire et distincte de la vérité. Il est donc également certain, non seulement que l'harmonie préétablie est une erreur, mais plus généralement qu'aucun de nos actes matériels volontaires ne peut être prévu directement et avec certitude par un être créé. Il ne peut donc être lié à l'état de l'univers par une liaison rigoureuse qui rendrait possible une pareille prévision.

Il nous reste à montrer que cette note est caractérisque, qu'elle n'appartient pas à l'action purement atomique. Ce point, il est vrai, n'est pas contesté et, jusqu'à ces derniers temps, on ne craignait pas d'ajouter qu'il n'était pas contestable. On en pouvait donner deux démonstrations fondées sur l'expérience et l'induction. La première partait de ce fait que tous les phénomènes physico-chimiques se reproduisent invariablement les mêmes dans les mêmes circonstances, fait absolument général et qui n'a jamais rencontré que des exceptions apparentes, dues à une connaissance imparfaite

des circonstances, et bientôt supprimées par une recherche plus éclairée. Cette démonstration, que nous jugeons inutile de développer, conserve aujourd'hui toute sa force, et rien ne paraît devoir l'ébranler. La seconde partait de ce fait, déjà signalé bien souvent au cours de cette étude, que les forces atomiques, exactement exprimables en nombres, doivent permettre de représenter tout phénomène purement atomique par un système d'équations différentielles, joint à la connaissance de l'état initial. Or, d'un côté, les conditions initiales déterminent *à un instant donné* les positions de tous les atomes, et les vitesses avec lesquelles ces positions commencent *alors* à varier, et d'un autre côté les équations différentielles déterminent, d'une manière continue pendant tout le phénomène, les variations des vitesses elles-mêmes. L'on concluait de là que, de proche en proche, tous les états antérieurs et postérieurs du système atomique se trouvaient nécessairement et parfaitement déterminés. Mais, depuis deux ans, un mathématicien distingué, M. Boussinesq, professeur à la faculté officielle des sciences de Lille, a tiré de l'oubli et développé une remarque curieuse et parfaitement juste qui, si elle avait réellement la portée qu'il lui attribue, infirmerait considérablement cette seconde démonstration. Nous exposerons cette remarque plus loin dans ce même chapitre, et nous espérons montrer fort clairement qu'elle n'ébranle absolument rien, que l'on peut toujours conclure des équations de la dynamique à la parfaite détermination de tout phénomène purement atomique.

Nous pouvons donc déjà donner une réponse affirmative à notre première question : Il y a, dans certains phénomènes vitaux, des actions matérielles différentes des actions atomiques. Il y a par conséquent, dans la nature, des activités autres que les puissances aveugles qui se manifestent dans les phénomènes physico-chimiques ; il y a par conséquent d'autres agents que les substances atomiques. Contentons-nous, pour le moment, de les désigner par le

mot *volontaire ;* nous aurons plus d'une fois à y revenir ; mais avant d'aborder à leur sujet notre seconde question, tâchons d'évaluer approximativement l'étendue que, dans le domaine des actions vitales, couvre le champ des actions volontaires.

Le critérium du sens intime, auquel nous avons eu recours, reste muet pour les actes qui ne nous sont pas personnels. Cependant, l'expérience le prouve, s'il s'agit d'autres hommes que tout nous montre comme semblables à nous, nous n'avons aucune difficulté à reconnaître la même indétermination dans beaucoup de leurs actions. Est-ce à dire que nous en ayons la même certitude ? Pratiquement, oui ; mais théoriquement, ce que nous appelons ainsi *certitude* n'est qu'une énorme probabilité qui, pour l'impression laissée dans notre esprit, est parfaitement équivalente. La probabilité décroît quand nous passons aux animaux ; mais elle reste encore à peu près équivalente à la certitude, relativement aux animaux supérieurs que nous pouvons observer souvent. De plus nous n'avons guère fait allusion qu'aux mouvements musculaires ; cependant le volontaire ne s'observe pas seulement dans les mouvements par lesquels l'animal agit sur le monde extérieur, mais encore dans les sensations par lesquelles le monde extérieur agit sur lui. On sait, en effet, que l'attention, phénomène volontaire, modifie et même parfois supprime certaines perceptions sensitives. Mais évidemment tous les phénomènes matériels du corps animal, toutes les fonctions physiologiques ne rentrent pas dans le champ du volontaire. Pour limiter ce champ, le critérium du sens intime, sans être le seul, est cependant le plus facile et le plus fécond ; car non seulement ce qu'il indique positivement comme volontaire doit être accepté comme tel, mais il semble même qu'aucun de nos phénomènes ne peut prétendre à cette qualité, si notre sens intime ne consent à la lui reconnaître. Comment, en effet, avec la connaissance directe que j'ai de moi-même

et de mon activité, pourrais-je avoir la faculté de poser tout à fait à mon insu une action volontaire, c'est-à-dire de vouloir sans qu'il me soit possible de savoir que je veux? Or, en nous servant surtout de ce critérium, sans négliger les autres, nous trouvons d'abord dans le corps animal vivant un grand nombre de phénomènes physiques, tels que les effets de la gravitation et les vibrations calorifiques, qui ne présentent pas la moindre trace de volontaire. Viennent ensuite certains phénomènes chimiques, plastiques et purement mécaniques, analogues ou même tout à fait semblables à ceux que l'on observe dans les végétaux. Quand on les considère en eux-mêmes et en dehors d'autres phénomènes distincts qui jouent parfois le rôle d'excitateurs, on est forcé de leur reconnaître le caractère de nécessité qui appartient aux actions atomiques, on n'y aperçoit aucun élément volontaire. Nous allons, du reste, les examiner bientôt en détail pour voir s'ils ne présentent pas quelque autre note caractéristique qui les distingue des actions atomiques. En procédant ainsi par élimination, on trouve que le volontaire ne se montre que dans la seule classe des phénomènes nerveux. Encore cette classe renferme-t-elle bien des cas où il n'intervient pas le moins du monde. Il peut se faire, et il se fait souvent du travail nerveux sans aucune action volontaire ; mais il ne se fait jamais une action matérielle volontaire sans travail nerveux; telle est la formule qui me semble résumer exactement l'expérience. C'est elle qui nous guidera, quand nous essaierons tout à l'heure de résoudre notre seconde question. La première doit encore nous retenir quelque temps.

Nous devons, en effet, rechercher si, dans les actions vitales non volontaires, qui sont, comme les actions atomiques, toutes déterminées par l'état antérieur, il n'y a pas quelque autre caractère qui les distingue essentiellement de celles-ci, qui par suite nous oblige à les attribuer à des agents autres que les substances atomiques. Tous les phé-

nomènes spéciaux qui s'accomplissent dans les plantes et, comme nous venons de le dire, un grand nombre de ceux que l'on observe dans les animaux appartiennent à cette classe. Nous ne pouvons les décrire, mais il faut autant que possible les réduire à leurs éléments ; l'étude de ces actions élémentaires nous éclairera ensuite sur l'activité des substances qui les produisent.

Les éléments du physiologiste ne sont pas précisément ceux dont nous avons besoin. Son but est la théorie purement scientifique, il ne veut que coordonner les phénomènes; notre but final est la théorie philosophique, nous voulons des derniers phénomènes passer aux agents. Voici l'analyse qui me paraît la plus avantageuse pour cette recherche, parce qu'elle est fondée sur la théorie atomique établie précédemment.

Tous les phénomènes matériels n'étant que des déplacements de masses accompagnés de transformations d'énergie, nous examinerons d'abord, dans les corps vivants, les phénomènes spéciaux où les masses atomiques se déplacent individuellement, en d'autres termes, les phénomènes de chimie organique où les *atomes* changent d'arrangement moléculaire; en second lieu, les phénomènes plastiques qu'on pourrait appeler d'organisation, où les *molécules* se déplacent intégralement pour former les particules des tissus; en troisième lieu les phénomènes purement mécaniques, où ces *particules* elles-mêmes se déplacent de façon à changer l'arrangement des tissus.

Dans l'examen de ces trois catégories, comme dans la théorie atomique, nous emprunterons la lumière de la mécanique rationnelle, qui seule me paraît capable de résoudre la question. Voici comment nous procéderons. Les corps vivants étant considérés comme des systèmes d'atomes, soumis naturellement à leurs actions réciproques, nous rechercherons dans chacune de nos trois catégories de faits, s'il faut, pour expliquer les transformations d'énergie qui accompagnent ce déplacement des masses,

admettre d'autres actions que les actions atomiques intérieures et extérieures. Cette recherche ne se composera pas seulement de raisonnement, mais encore d'observation et d'expérience. Pour ne surprendre la bonne foi de personne, disons tout de suite quel en sera le résultat. Nous arriverons à une réponse franchement négative, c'est-à-dire à la conclusion que, dans tous ces phénomènes vitaux où n'intervient pas le volontaire, il n'y a que des actions élémentaires de même nature que les actions atomiques.

1° *Phénomènes de la chimie organique.* Écartons d'abord un mauvais argument que l'on apporte parfois en faveur de notre thèse. On sait que, sous le rapport de la composition chimique, les corps vivants diffèrent notablement des minéraux, non que les atomes des uns n'entrent pas dans les autres, mais parce que ces mêmes atomes s'arrangent en molécules beaucoup plus compliquées et beaucoup plus diverses dans les premiers que dans les seconds. On attribue généralement cette différence à l influence de la vie, et l'on a parfaitement raison si l'on donne à ces mots le sens qu'ils doivent avoir dans le langage purement scientifique, c'est-à-dire si on ne dépasse pas la région des phénomènes, et si, en invoquant cette cause, on la réduit au fonctionnement particulier des organismes. Quoi qu'il en soit, longtemps on crut pouvoir tracer avec exactitude la frontière commune aux deux chimies, à l'organique et à l'inorganique. Des découvertes chaque jour plus nombreuses montrent maintenant qu'on s'était trop hâté. La frontière se déplace, toujours, comme de juste, au profit de la chimie inorganique qui n'avait rien à perdre, et comme toute puissance qui grandit, elle ne manque pas de flatteurs pour prédire qu'elle finira par tout annexer. Ces enthousiastes ne s'arrêtent point là. De l'existence de cette frontière on avait jadis conclu que l'activité des atomes était insuffisante pour les grouper en molécules organiques ; par un excès contraire, après avoir composé dans nos laboratoires un

certain nombre de ces molécules, on conclut que dans les tissus vivants elles se construisent toutes et toujours par les seules forces atomiques. C'était dans les deux cas raisonner un peu légèrement ; les procédés et les appareils du chimiste sont très différents de ceux de la nature ; et il est évident que les deux phénomènes chimiques que l'on assimilait ainsi peuvent n'avoir rien de commun que leurs résultats définitifs. Du reste, à côté des flatteurs dont nous parlions, il y a encore des chimistes fort distingués qui refusent de croire à l'unification future des deux chimies ; et vraiment, quand on compare la richesse des laboratoires naturels avec la pauvreté des nôtres, on est bien tenté d'être de leur avis.

La théorie de l'énergie, appliquée à la chimie des corps vivants, fournit un argument d'une tout autre valeur. Pour le bien comprendre, il faut se rappeler les déplacements atomiques qui doivent se produire dans tout phénomène chimique. Prenons pour exemple la formation et la décomposition de l'eau. Si l'on mélange dans un ballon de l'hydrogène avec de l'oxygène, en proportion convenable, on sait que ce mélange n'est pas de la vapeur d'eau. Il n'y a pas dans le ballon une seule molécule composée à la fois d'atomes de ces deux corps simples, il n'y a que des molécules composées d'atomes d'oxygène et d'autres molécules composées d'atomes d'hydrogène. Que par une étincelle électrique, ou la chaleur d'une flamme, on disloque quelques-unes de ces molécules, à l'instant ou plutôt dans un temps si court qu'il est inappréciable, tout le mélange se convertit en vapeur d'eau, c'est-à-dire, toutes les molécules des deux gaz sont détruites, et leurs atomes se rejoignent entre eux d'une nouvelle manière pour former des molécules d'eau. En même temps le système élève considérablement sa température, et dégage par suite sur les corps extérieurs une grande quantité de chaleur. D'où vient cette chaleur ? Il n'y a qu'une seule réponse possible. Cette chaleur est de l'énergie qui auparavant se trouvait dans le

système à l'état potentiel. Il faut donc en conclure que, dans l'eau qui s'est formée, les forces qui maintiennent les atomes dans les molécules déterminent une énergie potentielle plus faible que dans le mélange des deux gaz. On peut comparer cette réaction au phénomène mécanique suivant : Supposons une pierre arrêtée sur le flanc d'une montagne par une légère aspérité du sol. Si, par un effort médiocre, on la pousse au delà de cette aspérité, elle roulera ensuite jusque dans la vallée. A cette chute correspond un accroissement d'énergie actuelle visible, qui bientôt se convertit par les chocs en énergie vibratoire ; mais il s'est fait en même temps une diminution dans l'énergie potentielle, car, après la chute, la pierre n'est plus aussi éloignée du centre de la terre.

Quand on décompose l'eau en ses deux éléments, la transformation de l'énergie se fait en sens inverse. On obtient un mélange des deux gaz où l'énergie potentielle est plus grande que dans une même quantité d'eau ; mais il faut pour cela noyer, dans l'eau que l'on décompose, une quantité d'énergie actuelle égale à la différence, et emprunter cette énergie à d'autres corps par l'électricité ou par la chaleur. C'est ainsi, pour reprendre notre comparaison, que, si on remontait la pierre au sommet de la montagne, au moyen d'une machine mue par un cours d'eau, on augmenterait l'énergie potentielle, mais en sacrifiant une partie équivalente de la force vive du ruisseau.

Au lieu de l'hydrogène mettons le carbone, au lieu de l'eau l'acide carbonique, et nous aurons l'esquisse mécanique de deux réactions de la chimie inorganique qui vont jouer le rôle le plus important dans nos raisonnements sur la chimie des corps vivants. Là aussi, nous observerions une loi semblable. Quand une certaine masse d'acide carbonique se décompose, l'énergie potentielle de ce système d'atomes augmente ; quand, au contraire, l'oxygène et le carbone se combinent, l'énergie potentielle diminue ; et tant que nous restons dans le monde minéral, nous sommes

sûrs d'avance, et il est même possible de reconnaître que ces variations sont équilibrées par des variations inverses dans l'énergie du monde extérieur.

Voyons de même les variations d'énergie qui se produisent lors des phénomènes chimiques dans les corps vivants, et puisque ici nos principes de mécanique ne nous permettent pas encore de prononcer à l'avance, nous recherchérons expérimentalement les variations correspondantes de l'énergie dans le monde extérieur. Commençons par les végétaux.

La masse des atomes que l'on trouve dans les végétaux peut en général se résumer ainsi : 40 à 45 pour cent de carbone, à peu près autant d'oxygène, 5 à 6 pour cent d'hydrogène, le reste est formé par l'azote et quelques autres corps simples. Toute cette masse s'emprunte continuellement à l'extérieur, où elle se trouve ordinairement à l'état inorganique, puis elle se façonne chimiquement dans les organes pour être incorporée dans l'organisme. Le carbone doit d'abord et surtout attirer notre attention. Dans les plantes non parasites (1), il est toujours absorbé à l'état d'acide carbonique, et presque tout entier puisé dans l'atmosphère. Grâce aux singulières propriétés de la matière verte appelée chlorophylle, les feuilles décomposent ce gaz, et par conséquent augmentent la quantité d'énergie potentielle de ses atomes. Après cette décomposition, l'oxygène est rendu à l'atmosphère, le carbone entre dans de nouvelles combinaisons en se fixant sur le corps de la plante ; mais ces nouvelles combinaisons ne réduisent guère l'énorme accroissement d'énergie potentielle dû à la décomposition de l'acide carbonique ; ce n'est qu'en brûlant le végétal, c'est-à-dire en recomposant le gaz primitivement détruit, que cette énergie disparaît pour se transformer en chaleur. On

(1) Le mot *parasite* est pris ici dans l'acception la plus large, pour désigner un végétal qui se nourrit d'éléments déjà élaborés par un autre corps vivant. Ces plantes ne forment qu'une exception apparente, qui confirme la règle.

peut se faire une idée de l'accroissement qui en résulte sur toute la surface de notre planète, en songeant que, pour chaque kilogramme de carbone qui se fixe dans les végétaux, l'énergie potentielle des systèmes d'atomes qui ont été soumis à la décomposition se trouve augmentée d'environ trois millions et demi de kilogrammètres, c'est-à-dire de ce qu'il faudrait dépenser pour élever un poids de mille kilogrammes à environ trois kilomètres et demi de hauteur.

Ainsi le phénomène de l'assimiliation du carbone par les végétaux a pour conséquence d'augmenter considérablement l'énergie potentielle de la terre. Se produit-il quelque part une diminution correspondante? A première vue, il semble que non. Car ce phénomène n'abaisse ni la température de la plante, ni celle de l'atmosphère, ni celle du sol; aucune force vive visible ne paraît y contribuer. Qu'en faudrait-il conclure? Très certainement, s'il en était ainsi, il faudrait conclure que dans les systèmes végétaux les atomes sont soumis non seulement à leurs actions réciproques et aux actions des atomes extérieurs, mais encore à d'autres *forces* dont le *travail* aurait au moins pour conséquence la grande augmentation d'énergie qui se produit dans l'assimilation du carbone. Ces forces pourraient s'appeler forces végétatives, et nous révéleraient de nouveaux agents à qui on pourrait donner le nom de principe vital. Mais il n'en est pas ainsi. L'énergie dont nous cherchons l'origine ne vient, il est vrai, d'aucun système d'atomes appartenant à la terre, mais elle a été perdue par les atomes du soleil. Livrée au rayonnement, transmise de proche en proche à travers les atomes de l'éther, rencontrant bientôt notre planète, elle aurait pu se manifester à nous sous forme de chaleur sensible, ou se réfléchissant sur les objets qui nous entourent venir ensuite ébranler notre rétine et nous les rendre visibles, ou bien encore élever dans les nuages les eaux de la mer, pour reparaître bientôt comme énergie visible dans les chutes d'eau. Au lieu de cela, elle a séparé, les uns des autres, les atomes d'oxygène

et de carbone qui formaient l'acide carbonique absorbé par les plantes. On sait en effet que dans l'obscurité, en l'absence de la lumière solaire, il ne se fait aucune assimilation de carbone par les feuilles, et que cette assimilation est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus considérable que la lumière est plus intense. On sait aussi que le soleil envoie sur les feuilles une quantité d'énergie beaucoup plus que suffisante pour la décomposition, et bien qu'on n'en ait pas encore de mesures précises, on n'a aucune raison de douter que la portion d'énergie absorbée ainsi par les feuilles ne soit égale à celle que les feuilles dépensent dans cette fonction. Ainsi disparaît le prétendu travail de forces spécialement végétatives que semblait révéler l'assimilation du carbone. Dans l'assimilation des autres éléments, on n'a pas signalé jusqu'à présent la moindre trace apparente d'un travail semblable. L'oxygène et l'hydrogène sont tous deux absorbés à l'état d'eau et, pour le dire en passant, comme cette eau vient aussi de l'atmosphère, il suit des nombres proportionnels donnés plus haut que les plantes doivent à l'atmosphère environ les dix-neuf vingtièmes de leur masse. Mais ici le soleil ne semble guère leur rendre de service qu'en formant les nuages, et les courants atmosphériques qui les transportent et les résolvent en pluie. Les deux éléments de l'eau, tout en formant avec le carbone et d'autres corps simples de nouvelles combinaisons, y entrent à peu près dans les mêmes proportions que dans l'eau elle-même. C'est comme s'ils n'étaient pas séparés l'un de l'autre en pénétrant dans l'économie, et nous n'avons pas à chercher d'où peut venir l'énergie nécessaire pour cette séparation.

Quant aux nombreuses réactions qui se produisent dans l'intérieur des végétaux, la plupart nous sont encore inconnues ; mais on n'en a pas encore constaté une seule qui fasse soupçonner l'intervention d'une source d'énergie autre que les atomes. Le plus souvent, loin de demander une addition d'énergie dans le système, elles ont pour résultat une

diminution d'énergie potentielle et un dégagement de chaleur. Quand une réaction chimique *consomme* de la chaleur dans un organisme vivant, comme par exemple dans le renflement qui, situé à la base des pétioles de la sensitive, renferme les organes des mouvements de ses feuilles, on constate en même temps la source de cette chaleur; ainsi, dans la sensitive, l'énergie nécessaire à la réaction est empruntée à la chaleur du renflement, dont la température, variable avec les mouvements de la feuille, est constamment inférieure à celle de la tige.

En résumé donc, on peut dire que, dans les phénomènes chimiques des végétaux, il ne se manifeste aucune énergie qui n'ait son origine dans les actions atomiques. Les faits positifs que nous connaissons appuient cette loi générale, et aucun fait, absolument aucun, n'y peut faire soupçonner une exception. Qu'en *faut-il* conclure? C'est que les forces atomiques sont les seules qui interviennent dans toute la chimie végétale, comme elles sont les seules aussi dans toute la chimie inorganique.

Il nous reste à parler des animaux. Leurs réactions intérieures, celles où il n'y a pas d'échange avec le milieu, donnent lieu à la même remarque que les réactions intérieures des végétaux. Parmi les autres, la plus importante est encore une réaction où intervient l'acide carbonique. Pour abréger, nous en parlerons comme s'il ne s'agissait que des vertébrés.

On sait que les globules du sang viennent sans cesse dans les poumons absorber l'oxygène de l'air, qu'ils le charrient ensuite à travers tout l'organisme, que cet oxygène est ainsi mis en rapport avec le carbone dans les tissus, brûle le carbone et forme avec lui de l'acide carbonique; ce dernier gaz est ramené dans les poumons par la circulation, et de là passe dans l'atmosphère par la respiration. Si l'on ne considère que l'oxygène et le carbone ainsi mis en rapport, ils forment donc un système d'atomes dont l'énergie potentielle est considérablement diminuée par la

chimie animale. Il faudrait en dire autant d'une partie de la vapeur d'eau exhalée en respirant, et qui provient de la combustion de l'hydrogène dans l'organisme. Si l'énergie ainsi perdue ne se retrouvait nulle part, nous devrions en conclure que les systèmes animaux sont, dans les phénomènes chimiques, soumis à des actions vitales différentes des actions atomiques. Mais on sait qu'il n'en est rien. L'énergie en question se retrouve dans la chaleur que dégagent les animaux, et dans la force vive visible des mouvements qu'ils exécutent. Par ce dégagement, par ces mouvements, les animaux sont de véritables machines thermiques à marche directe, déversant continuellement sur les corps extérieurs l'énergie qu'elles absorbent dans la combustion. A leur égard, on a même poussé les mesures expérimentales plus loin que pour les végétaux, ces machines à marche inverse. On a mesuré d'un côté les produits de la respiration d'un homme au repos ou exécutant un travail, de l'autre la chaleur que son corps dégageait et le travail qu'il exécutait dans ces deux états ; et bien que les procédés employés ne permissent pas la dernière rigueur, il ne peut plus rester de doute sur le résultat théorique de la comparaison. L'énergie potentielle disparue dans la combinaison des atomes, se trouve exactement représentée par l'énergie calorifique ou visible que l'animal dégage.

Ainsi les phénomènes de la chimie des corps vivants, examinés à la lumière de la mécanique, nous conduisent à cette conclusion : Les actions élémentaires qui composent ces phénomènes sont les mêmes que dans le règne inorganique.

2° *Phénomènes d'organisation.* Ici la théorie scientifique nous fait défaut. Ces phénomènes sont à peine constatés dans leurs résultats, ils ne sont pas encore analysés. Nous voyons bien, dans les organismes qui fonctionnent, de nouveaux organes se former sans cesse pour remplacer les

anciens, nous voyons même naître de nouveaux organismes qui bientôt fonctionnent indépendamment de leurs parents ; mais quels sont les éléments et les étapes successives de ces formations ? La physiologie, qui sans doute finira par le dire, est encore bien loin de cette perfection. L'analogie même ne peut nous guider ; car, dans les corps bruts, les phénomènes plastiques tels, par exemple, que la cristallisation sont relativement très simples. Ni les résultats, ni les circonstances dans lesquels ils se produisent ne peuvent se comparer aux mystères de la nutrition et de la génération dans les corps vivants. Les premiers s'accomplissent, pour ainsi dire, spontanément, libres de toute influence perturbatrice ; dans les seconds, les déplacements des molécules sont gouvernés par des appareils compliqués qui nous sont encore à peu près inconnus.

Nous ne pouvons donc songer à y appliquer la mécanique. Le plus simple de ces phénomènes est probablement l'endosmose, et pourtant je ne pense pas qu'on en ait jusqu'ici donné une théorie mécanique satisfaisante. Mais nous pouvons du moins l'affirmer, dans aucun on n'a encore rien découvert qui porte légitimement à soupçonner l'intervention de nouvelles forces. Nous ne pouvons mieux développer cet argument négatif qu'en réfutant les arguments de la thèse contradictoire.

« D'où vient, nous dit-on d'abord, l'impuissance de nos physiciens et de nos chimistes à former le plus simple organisme vivant ? Ils ont en main les éléments premiers des corps organisés, ils disposent de forces considérables ; que leur manque-t-il donc pour réussir ? Ne serait-ce pas précisément ce principe distinct de la matière et des organes dont ils prétendent pouvoir se passer ? »

En posant cette question, on oublie que le prétendu principe, distinct de la matière et des organes, n'a jamais pu lui-même former le plus simple organisme sans le concours d'un autre organisme préexistant ; et l'on demande aux physiciens et aux chimistes de se passer d'une condi-

tion, qui, du moins dans la série actuelle des phénomènes, est peut-être indispensable et dont on ne peut soi-même se passer. Remettez d'abord aux savants des appareils aussi parfaits que les organes encore si peu connus qui, dans les corps vivants, concourent à la production de nouveaux organes et de nouveaux organismes ; expliquez-leur ces appareils et la manière de s'en servir ; alors seulement vous pourrez leur reprocher leur impuissance. Que de choses d'ailleurs les sciences physico-chimiques expliquent avec certitude, sans pouvoir les imiter, depuis les mouvements du système solaire jusqu'à la dislocation d'une molécule par les ondulations éthérées ! Nous ne sommes pas encore maîtres de la cristallisation du carbone ; faut-il en conclure que nous nous trompons sur la nature du diamant? Quand l'impuissance de nos physiciens a tant d'autres raisons d'être, c'est une véritable injustice que de l'attribuer à la fausseté d'une théorie.

« Soit, nous dit-on, si la formation de l'organisme vous gêne, passons à un autre argument. » Alors on nous fait une description des merveilles de la nutrition et de la génération, et l'on y insère de temps en temps cette question : « Quelle est la force assez puissante pour produire cette merveille? Seraient-ce les forces atomiques ? » — Pourquoi pas? répondrais-je volontiers. Suffit-il qu'une chose soit merveilleuse pour que les atomes en soient incapables? Eh ! que faites-vous donc des merveilles du monde inorganique ? — « Mais non, ne voyez-vous pas dans l'ordre admirable révélé par ces phénomènes la nécessité d'une force principale et supérieure, qui domine toutes les autres, qui coordonne leurs actes, qui balance leur opposition ? Unité, direction, ordre, conservation, tels sont les effets de sa présence. »

Cet argument est spécieux ; il a produit, je le sais par expérience, plus d'une conviction sincère. Mais, en revanche, il a le défaut ordinaire des arguments spécieux, il prouve trop ; car il s'applique avec une égale justesse aux machines artificielles, à une montre par exemple. Il con-

fond deux choses qui doivent rester distinctes : les forces qui entrent en jeu dans le fonctionnement d'une machine, et l'intelligence du constructeur. L'*ordre* merveilleux des fonctions vitales que nous examinons révèle une puissance intelligente; c'est à elle que sont dus « l'unité, la direction, l'ordre, la conservation. » Mais une force vitale *inintelligente*, comme celle que l'on croit ici découvrir jusque dans les plantes, ne peut, à proprement parler, rien *coordonner*. Elle *domine*, dites-vous, les forces atomiques. Mais celles-ci sont aussi inintelligentes; qu'est-ce donc que cette domination? qu'est-ce qu'un commandement entre deux êtres également incapables de le comprendre? Il se réduit ici nécessairement à une pure influence matérielle, il devient une action tout à fait analogue à celles que l'on étudie en mécanique. Dès lors, il ne peut plus vous rendre le service que vous lui demandez. Ne pourrait-on pas dire aussi, en empruntant votre langage, que la gravitation universelle est une force principale et supérieure, qui *domine* toutes les autres dans le système solaire, qui *coordonne* leurs actes et balance leur opposition, et qu'elle produit dans les grands phénomènes de la mécanique céleste, l'unité, la direction, l'ordre et la conservation? Et pourtant vous ne prétendez pas que ce grand rôle, assigné à la gravitation par le plan du Créateur, fasse sortir cette force de l'humble catégorie des forces atomiques. Les génies conducteurs des planètes ont définitivement disparu. Sans doute les forces atomiques n'expliquent pas l'ordre intentionnel que l'on observe dans les phénomènes vitaux ; mais d'abord votre force vitale, inintelligente et matérielle, ne l'explique pas non plus ; et ensuite le monde inorganique offre des exemples d'un ordre intentionnel également admirable, sans qu'il vous semble nécessaire d'invoquer pour cela de nouvelles forces.

Le troisième et dernier argument de nos contradicteurs se fonde sur « un fait unique, simple, vulgaire, mais éminemment démonstratif, disent-ils, dans la question qui nous

occupe, » la mort. — Mais est-il bien vrai d'abord que la mort soit un phénomène unique et simple ? Les corps vivants, tels que nous les connaissons, plantes et animaux, sont-ils simplement le résultat de l'addition de deux termes : un corps mort plus une certaine chose unique et simple qu'on appellerait la vie ? Ne sont-ils pas plutôt des associations d'organes ayant tous leur vie propre ? Ces organes ne nous offrent-ils pas tous les jours, dans les expériences de physiologie, deux phénomènes en quelque sorte opposés ? Tantôt ils continuent toutes leurs fonctions vitales longtemps après que l'association est complètement dissoute ; tantôt ils les cessent complètement tandis que l'association subsiste et que tous les autres organes continuent à fonctionner ensemble. La mort *locale* et la vie *partielle* sont des faits vulgaires qui seuls rendent possibles un grand nombre d'expériences. Que dire de la mort *temporaire* à laquelle on peut soumettre certains végétaux et même certains animaux, soit en les gelant entièrement de manière à les rendre cassants et à arrêter toutes les fonctions vitales, soit en les desséchant et les portant à des températures supérieures à celles de l'eau bouillante ? Évidemment nos adversaires n'ont ici considéré que ce qu'on pourrait appeler la mort *générale* ordinaire dans un organisme complet. Eh bien ! fermons les yeux sur des difficultés qu'ils n'ont pas voulu voir, et ne parlons que de la mort générale dans les conditions ordinaires.

Ce phénomène est « éminemment démonstratif, » nous disent-ils. Malheureusement, pour le rendre tel, ils sont obligés d'en donner une interprétation probablement fausse, rejetée par les physiologistes, et que rien n'autorise à regarder comme vraie. D'après eux, quand la mort n'est pas le résultat d'une lésion violente de l'organisme ou d'une altération importante du milieu, le corps mort est dans les mêmes conditions physico-chimiques que le corps vivant. Pourquoi donc la machine s'arrête-t-elle ? pourquoi commence-t-elle à se désorganiser ? n'est-ce pas la preuve qu'un

principe vital différent des substances atomiques a retiré son action ? On pourrait, me semble-t-il, appliquer le même raisonnement à toute machine qui s'arrête ou se détraque par l'usure de quelque partie importante. Qui jamais a démontré que le corps vivant ne diffère du corps mort par rien d'important dans les conditions physico-chimiques? Les autopsies viennent chaque jour donner un démenti à cette assertion, en montrant le plus souvent que l'état physico-chimique auquel l'organisme était arrivé au moment de la mort rendait impossible la continuation des phénomènes vitaux. Dans bien des animaux sans doute, et dans l'homme en particulier, le principe volontaire dont nous avons déjà signalé l'existence cesse, au moment de la mort, d'agir sur les atomes de l'organisme ; mais l'expérience nous porte à croire que la mort de l'organisme est une cause et non un effet de cette séparation. Quoi qu'il en soit, nous parlons ici des végétaux aussi bien que des animaux, et il est évident que, dans les uns et dans les autres, si des organes essentiels viennent à être mis hors d'usage, l'organisme est inévitablement condamné à s'arrêter, c'est-à-dire à mourir. Cette cause de mort s'observe tous les jours, rien ne fait soupçonner qu'elle n'est pas générale ; elle est évidemment suffisante, et l'on n'a pas le droit de nous en imposer une autre.

En résumé, on n'a pas encore signalé, dans les phénomènes plastiques des corps vivants, une seule circonstance qui nous y fasse légitimement soupçonner l'intervention directe d'agents autres que les atomes. Voyons si les phénomènes *purement mécaniques* nous poussent vers une autre conclusion.

3° *Phénomènes purement mécaniques.* La physiologie végétale pourrait nous fournir bien des exemples curieux de semblables phénomènes. Les uns, comme l'héliotropisme, s'expliqueraient par les actions atomiques du milieu, je veux dire par les vibrations calorifiques et lumineuses ; les

autres, comme les mouvements ciliaires et protoplasmiques, nous indiqueraient des causes analogues à celles que nous allons reconnaître chez les animaux. Mais, pour abréger, nous nous en tiendrons aux contractions musculaires que ces derniers nous présentent ; elles sont les mieux connues, et leur explication fait suffisamment entrevoir ce qui se passe dans les autres cas.

Ici peut-être on posera une objection : les contractions musculaires ne sont-elles pas dans le domaine du volontaire? Je réponds que le principe spécial qui se révèle chez les animaux n'agit sur les muscles que par l'intermédiaire du système nerveux, c'est-à-dire indirectement. L'expérience le prouve sans réplique, puisqu'il suffit de couper les nerfs pour lui interdire complètement toute action musculaire. Son intervention n'est pas nécessaire pour la contraction, et il peut être remplacé par d'autres agents. On doit donc étudier ici les phénomènes musculaires, qui, pour chaque excitation donnée, sont aussi nécessaires que les phénomènes atomiques. Ainsi, pour une locomotive, la volonté du machiniste et tous les mouvements de son corps qui interviennent si puissamment dans le fonctionnement de la machine, n'empêchent pas qu'on ne doive placer l'étude de cette machine dans les traités de physique et de mécanique.

Les muscles sont de véritables machines à feu, c'est-à-dire des appareils servant à transformer une énergie qui se manifeste ou qui, du moins, pourrait se manifester sous forme de chaleur. Seulement, il est bon d'en faire la remarque pour éviter des généralisations hâtives, ce sont des machines peut-être fort différentes de celles que nous fabriquons. Dans nos machines artificielles, ce qui nous sert à transformer l'énergie, ce sont les dilatations et les contractions qui accompagnent les changements de température du corps renfermé dans le cylindre. Il n'y a peut-être rien de semblable dans les muscles. Voici ce que la physiologie nous apprend.

On peut, à l'aide du curare, empoisonner le nerf moteur d'un muscle, sans altérer en aucune façon la contractilité de ce muscle. L'extrémité du nerf, privée par le poison de de la nourriture qu'elle puisait dans le sang, meurt, c'est-à-dire, perd sa faculté spéciale d'exciter la contractilité ; mais le muscle continue à vivre, c'est-à-dire à pouvoir se contracter, et il se contracte chaque fois qu'on le soumet à une excitation extérieure. Que se passe-t-il pendant la contraction ? L'examen du sang nous l'apprend. Le sang qui sort par les veines du muscle contracté diffère notablement de celui qui y pénètre par les artères ; il est plus chaud, il a une couleur très noire, il contient beaucoup d'acide carbonique et peu d'oxygène. Au contraire, si l'on assure le repos absolu du muscle, le sang en sort à peu près comme il était entré ; en d'autres termes, le sang veineux est alors presque aussi rouge que le sang artériel ; il renferme peu d'acide carbonique et beaucoup d'oxygène. L'expérience a montré que des muscles, privés de sang artériel, perdent en deux heures toute trace d'excitabilité, et qu'il suffit de leur rendre ce sang pendant quelques minutes pour leur rendre en même temps toutes leurs propriétés. Ces faits nous indiquent clairement d'où vient l'énergie qui se manifeste dans la contraction. Il se produit dans le muscle une combinaison chimique du carbone et de l'oxygène. Cette combinaison, comme nous l'avons vu plus haut, fait passer une certaine quantité d'énergie potentielle à l'état actuel. Il se fait alors deux parts de cette énergie : l'une devient *visible* dans le travail qui accompagne la contraction, l'autre devient calorifique et augmente la température du muscle et du sang qui le traverse. M. J. Béclard a montré qu'en augmentant par une surcharge plus ou moins forte la portion visible de l'énergie actuelle dégagée dans la contraction, on diminue à volonté l'accroissement de température et par conséquent la portion calorifique. On n'a pas encore, il est vrai, des mesures exactes de toutes ces différentes énergies, mais on peut déjà conclure probablement

de l'expérience qu'il y a équivalence parfaite entre les quantités qui se transforment, et par suite que toute l'énergie nécessaire au phénomène a pour cause unique les combinaisons qui se font dans le muscle entre le carbone et l'oxygène. Il n'y a donc, encore ici, aucune action différente des actions atomiques.

Nous venons de reconnaître dans la nature deux nouvelles espèces très différentes de machines à feu, les feuilles et les muscles : les premières ayant une marche qu'on pourrait dire inverse, les secondes une marche directe. Les unes comme les autres sont soumises pour leur fonctionnement à une influence extérieure ; les feuilles n'agissent que sous une vive lumière, les muscles n'agissent que sous une excitation qui leur vient ordinairement par le système nerveux. Mais il y a cette différence que, pour les feuilles, la lumière n'est pas un simple excitateur ; elle fournit réellement toute l'énergie qui se transforme ; tandis que pour les muscles, cette énergie se tire de leur intérieur, et l'influence nerveuse ne paraît en fournir qu'une quantité inappréciable. Quelque chose de semblable se présente dans beaucoup de nos machines. Quand nous pressons la détente d'une arme à feu, il n'y a aucun rapport entre l'énorme énergie visible du projectile et la quantité insignifiante dégagée par le doigt qui le fait partir. C'est la combustion de la poudre et non la contraction du doigt qui fournit la première. De même encore, l'énergie que dégage un machiniste en tournant un robinet, en pressant sur un ressort, n'a aucun rapport avec celle que dégage la machine à vapeur dont ces mouvements commandent le travail ; c'est la combustion du charbon, et non les efforts du machiniste, qui fournit cette dernière. Il en est de même dans le travail des muscles : la poudre, le charbon, c'est le carbone qui dans les muscles se combine avec l'oxygène ; la détente, le robinet, le ressort, c'est l'action nerveuse qui paraît n'exiger qu'une insignifiante dépense d'énergie.

Il me semble que, sans trop vanter la mécanique, on peut bien dire qu'elle a jeté sur notre question plus de lumière qu'aucune autre science. En portant notre attention sur les diverses quantités d'énergie qui se transforment dans les actions vitales non volontaires, elle nous a démontré avec une très grande probabilité, que le monde atomique n'est, dans ces phénomènes, soumis à l'action d'aucune *force extérieure*, que par suite ces phénomènes ne nous révèlent en aucune façon l'existence d'agents autres que les substances atomiques. Les actions volontaires nous ont, au contraire, révélé une activité d'une nouvelle espèce, que nous devons étudier.

Avant de le faire, il ne nous reste qu'à signaler un défaut réel dans notre démonstration. Les mesures faites jusqu'ici de ces quantités d'énergie ne sont pas assez exactes pour exclure rigoureusement toute action extérieure. Un esprit déterminé quand même à soutenir la thèse contradictoire, peut parfaitement se dire qu'il n'est pas encore forcé de l'abandonner. Il pourra supposer que, même dans les phénomènes non volontaires, il existe à notre insu des actions excitatrices dont l'énergie est si faible qu'elle nous échappe ; mais il n'aura aucune raison positive à faire valoir en faveur de cette hypothèse. Les anciens raisonnements perdent toute leur force, quand on cherche à les mettre d'accord avec la mécanique. Cette absence d'arguments positifs en faveur d'une thèse qui a compté tant d'illustres défenseurs, n'est-elle pas un argument de plus pour la probabilité de la nôtre ?

Abordons enfin notre second problème, l'étude de cette activité ultra-atomique dont les actions vitales volontaires nous ont révélé l'existence. Le sujet est vaste et nous y reviendrons dans les chapitres suivants. Le seul point que nous essaierons de traiter à fond dans celui-ci sera la question suivante, aussi actuelle qu'importante :

De ce que la note caractéristique du volontaire se montre dans certains phénomènes matériels, peut-on conclure qu'il y a de véritables forces mécaniques volontaires ?

En d'autres termes, les agents volontaires soumettent-ils, quand ils le veulent, les masses atomiques à des actions qui, exercées seules, produiraient de véritables déplacements de ces masses, de véritables déformations de leurs systèmes ?

Rappelons, pour fixer les idées, que les organismes animaux sont les seuls systèmes atomiques où l'expérience nous permette de chercher les *points d'application* des forces volontaires et que, même dans ces organismes, aucun atome en dehors du système nerveux n'est jamais directement soumis à leur action. Ainsi, dans les vertébrés, qui toujours nous serviront d'exemples, aucun atome des muscles n'est commandé immédiatement par la volonté ; et cependant les mouvements musculaires sont les phénomènes où le volontaire se manifeste avec le plus d'évidence. Mais l'expérience physiologique nous révèle que toujours, une fraction de seconde avant le mouvement musculaire, il y a un mouvement nerveux qui l'excite, et que, ce mouvement nerveux une fois produit, le mouvement musculaire en est une conséquence nécessaire, toute déterminée d'avance, qui n'a plus rien en elle de ce qui caractérise le volontaire. Bien plus, ce mouvement nerveux lui-même est également déterminé d'avance, si on le considère dans la fibre nerveuse, et jusque dans la moelle épinière. Il faut absolument remonter à son lieu d'origine, au cerveau, pour y pouvoir admettre l'indétermination mécanique qui révèle une activité ultra-atomique. Les excitations extérieures arrivent en une fraction de seconde, par les nerfs de la sensation, jusqu'au cerveau, mais elles ne déterminent ni sa réaction, ni son action subséquente. La volonté intervient alors et produit, d'une façon mystérieuse, dans le système cérébral des modifications libres qui ont ensuite leurs conséquences nécessaires dans les nerfs et dans les muscles. C'est le mystère de ces modifications que nous devons essayer de péné-

trer, et la question que nous venons de poser se présente tout naturellement au début de cette entreprise.

Dans cette question, le mot *force* (1) a le sens précis que lui a donné le chapitre III, il représente une cause de mouvement, considérée simplement comme telle. A chacune de ces forces on attribue pour *point d'application* un atome du cerveau, auquel elle tendrait à communiquer, en un temps donné, une certaine *quantité de mouvement*, suivant une certaine *direction*, et on la mesure à chaque instant par l'*accélération*, c'est-à-dire par la variation qu'elle tend à produire dans la quantité de mouvement. Par tous ces points, elle ressemble aux forces atomiques, mais elle en diffère en ce qu'elle n'a point un atome pour *siège*, et en ce que *son intensité* n'est pas déterminée par les positions relatives de son siège et de son point d'application.

Les matérialistes suppriment la question, puisque, malgré l'évidence, ils sont obligés de nier les faits qu'elle suppose. Il n'y a là rien qui nous étonne ; mais nous connaissons des savants spiritualistes, et des plus distingués, qui, frappés de ce qu'elle offre d'étrange, de peu conforme aux allures ordinaires, la trouvent tout à fait déplacée dans la sphère sereine de la science, et ne seraient pas éloignés de l'éconduire sans examen. Elle ne s'en impose pas moins cependant, elle se met d'elle-même à l'ordre du jour, et nous n'en voulons d'autre preuve que ce qui est arrivé récemment à M. Boussinesq.

Cet habile géomètre fit, il y a deux ans, une remarque importante sur certaines solutions *singulières* qui peuvent

(1) Certains savants essaient de ne plus employer ce mot : ils préfèrent ne parler que d'*accélération*. Ce n'est pas ici le lieu de discuter cette prétention, elle n'a qu'un rapport éloigné avec notre sujet ; elle se réduit d'ailleurs le plus souvent à une question de mot. Accélération est le nom d'un effet, force est le nom abstrait de sa cause ; et par suite dans bien des cas l'on peut employer indifféremment l'une ou l'autre expression. Dans d'autres cas, au contraire, on ne peut supprimer l'une des deux, qu'en la sous-entendant. C'est, à notre avis, ce que font les savants dont nous parlons.

se présenter dans les problèmes de dynamique. En y réfléchissant, il arriva non seulement à se poser la question qui nous occupe, mais encore à la résoudre négativement ; et après avoir bien mûri sa découverte et la conclusion qu'il en tirait, il présenta l'une et l'autre, sous une forme réellement scientifique, à l'Académie des sciences de Paris. Il eut quelque peine à se faire écouter, bien qu'un membre autorisé de la section de mécanique, M. de Saint-Venant, se montrât favorable à ses idées ; sa conclusion philosophique fit tort, croyons-nous, à sa découverte mathématique. Aussi les Comptes rendus des séances de cette Académie n'accordèrent à ses premières communications qu'une hospitalité légèrement maussade ; et quand, l'année dernière, il eut largement exposé ses idées, dans un long mémoire intitulé *Conciliation du véritable déterminisme mécanique avec l'existence de la vie et de la liberté morale*, ce ne fut pas l'Académie des sciences qui consentit à le recevoir ; ce fut, malgré les équations nombreuses dont ce travail est émaillé, l'Académie des sciences morales et politiques. Celle-ci, il est vrai, lui fit bon accueil. Un membre de sa section de philosophie, M. Paul Janet, présenta un rapport très soigné, aussi favorable que possible, et une bonne partie du travail parut aux Comptes rendus à la suite de ce rapport.

Mais il est impossible, en lisant ce mémoire qui, depuis, a été publié *in extenso* par la *Société des sciences, de l'agriculture et des arts* de Lille (1), de ne pas voir qu'il s'adressait à une autre classe de l'Institut. L'Académie des sciences a-t-elle donc dédaigné la question ? On aurait pu le penser; car, une fois la question admise, il faut convenir que M. Boussinesq la traite avec autant de talent que de compétence. Cependant un fait s'est produit tout récemment, qui nous porte à croire, non au dédain, mais à cette sorte d'appréhension dont nous parlions tout à l'heure. Le travail que l'on jugeait inopportun d'accueillir et de publier, on a

(1) *Mémoires*, année 1878, tome VI, 4e série.

éprouvé le besoin de l'attaquer ; et, si l'attaque ne s'est pas produite dans le sein même de l'Académie, elle a du moins pour auteur un de ses secrétaires perpétuels, un de ses géomètres les plus distingués, M. Joseph Bertrand. Nous venons de la relire dans le *Journal des Savants*, cahier de septembre 1878. Au fond, elle n'est pas bien terrible, comme nous le verrons plus loin ; mais la forme est assez vive et ne ménage guère l'aventureux novateur. Qu'on en juge par les deux premières phrases que nous transcrivons : « Sans savoir bien précisément ce qu'était Buridan, tout le monde connait l'anecdote hypothétique de son âne. Cette vieille histoire, inventée par les maitres en philosophie pour exercer à la dispute et au sophisme les débutants dans l'art de Lulle, semble avoir inspiré récemment l'auteur d'un mémoire qui, par l'inutile étalage de formules très savantes, pourrait écarter ou éblouir un lecteur peu versé dans les études mathématiques. » — M. Bertrand est un puissant adversaire ; aussi la réponse de M. Boussinesq, quoique d'un ton sérieux et convenable, eut de nouveau quelque peine à voir le jour ; ni le *Journal des Savants*, ni une autre revue scientifique qui avait jadis publié ses premières recherches, ne trouvèrent moyen de l'accueillir ; elle parut enfin dans *Les Mondes* de M. l'abbé Moigno (1).

Cette publicité dispersée, tout en gênant ceux qui apprécient l'intérêt de la question, contribuera peut-être à en augmenter le nombre. Quoi qu'il en soit, nous croyons avoir lu toutes les pièces du procès, et nous allons, sans nous astreindre à résumer servilement les débats, en entretenir nos lecteurs. Ils ont déjà pu voir, au chapitre précédent, que nous n'admettons pas toutes les idées de M. Boussinesq. En exposant la loi générale de la *Constance de l'énergie*, nous avons promis de montrer « que, dans les phénomènes matériels *volontaires* auxquels concourent l'homme et les animaux, il y a en réalité de nouvelles forces méca-

(1) N° 13, 28 novembre 1878.

niques qui sont appliquées aux atomes, mais dont les atomes ne sont pas le siège. » M. Boussinesq suppose le contraire; mais, avant de le réfuter sur ce point essentiel, il faut exposer la découverte très réelle et très intéressante qui forme, comme il le dit lui-même, l'objet principal de son travail.

Elle consiste en ce qu'il n'est pas exact de dire, comme on le fait souvent, que les équations différentielles de la dynamique, jointes à la connaissance de l'état initial, déterminent *toujours* toute la série des états du système. En d'autres termes, un système déterminé de points matériels dont toutes les vitesses sont connues pour une certaine position, peut être soumis à des forces également déterminées dans toutes les positions possibles, sans que pour cela les mouvements qui doivent en résulter soient eux-mêmes déterminés.

Cette proposition de mécanique rationnelle constitue, à notre avis, une véritable découverte dont M. Boussinesq peut réclamer l'honneur. Il est vrai que M. Bertrand en parle comme d'un « paradoxe depuis longtemps connu. » Mais, répond M. Boussinesq, « il veut dire sans doute que Poisson avait déjà, en 1806, à propos d'études purement analytiques, trouvé un pareil exemple d'indétermination, savoir, celui que j'ai exhumé au n° 24 (p. 123) de mon livre et que rappelle M. Janet dans son Rapport. Mais, pour montrer jusqu'à quel point ce fait, que Poisson lui-même déclare ne pouvoir s'expliquer, avait été compris et était resté « connu, » mon éminent contradicteur aurait dû citer les cours ou même les mémoires de mécanique, publiés depuis, qui en auraient fait mention, ou qui auraient signalé d'autres exemples analogues. Le nombre de ces cours ou mémoires, *s'il en existe*, doit être bien petit, à en juger par la conviction profonde dans laquelle ont vécu Laplace, Duhamel, etc., et où sont encore la plupart des géomètres, que « l'équation différentielle du mouvement d'un point,

» jointe aux circonstances initiales, détermine complètement » le mouvement de ce point pendant un temps indéfini. » (*Cours de mécanique* de Duhamel, tom. 1er, n° 277) (1). »

J'avoue pour ma part que, avant de lire les premières publications de M. Boussinesq, je partageais l'erreur commune, que je ne les ai lues d'abord qu'avec méfiance, et que mon incrédulité n'a cédé que devant la vision claire et distincte de la vérité. Essayons de communiquer cette conviction.

Considérons un point matériel au repos, et supposons d'abord qu'on lui applique une force constante en grandeur et en direction ; c'est à peu près le cas du centre de gravité d'un corps pesant qui commence à tomber dans le vide. Tous nos lecteurs savent que ce point se mouvra en ligne droite, avec une vitesse variable, toujours proportionnelle au temps écoulé, et parcourra des longueurs proportionnelles au carré de ce temps. Si, au lieu d'être constante, l'intensité de la force variait d'une manière continue pendant le mouvement, la loi des vitesses et des longueurs parcourues serait différente ; mais, en général, le mouvement serait toujours déterminé ; et, chose assez digne de remarque, tous ces cas divers ont, en commun avec le premier, le caractère suivant : quelle que soit l'intensité initiale de la force, la valeur initiale de la vitesse est nulle. De sorte que nous rencontrons déjà ici, dans des problèmes si simples, ce résultat qui au premier abord doit sembler paradoxal : que le point mobile *part avec une vitesse nulle*. Un esprit indocile pourrait bien être tenté de dire : partir avec une vitesse nulle, c'est ne pas partir du tout. — Vous auriez raison, pourrait-on lui répondre, si l'on prétendait que la vitesse reste nulle pendant un temps quelconque, le long d'une fraction quelconque de la trajectoire, mais elle n'est nulle qu'au départ et non pas sur la route. Inutile de nous arrêter plus longtemps à ce paradoxe ; il n'a qu'une certaine

(1) *Les Mondes*, loc. cit., p. 502.

ressemblance avec celui qui doit nous occuper, et tout lecteur qui a compris la définition donnée de la vitesse au chapitre III se l'expliquera aisément.

Mais qu'arriverait-il si la force elle-même, semblable à cette vitesse, était nulle au point de départ, ou plutôt pour ne rien préjuger, au point qui correspond à la position initiale, et prenait immédiatement au delà une valeur continuellement croissante? Ici nous sommes en plein dans le sujet étudié par M. Boussinesq.

Une première solution évidente se présente d'elle-même : Le point vérifiera toutes les lois que lui impose la dynamique *en restant simplement en place*. De cette façon il reste toujours soumis à une force nulle, dont le travail est nul, et la variation de l'énergie est nulle comme le travail. Mais *il est possible* qu'il y ait une autre solution également admissible, à savoir le mouvement. — Comment cela est-il possible? dira-t-on. Le point ne peut se mouvoir sans vitesse, donc sans production de force vive ; donc il faut que la force travaille ; mais puisque elle est nulle, son travail l'est aussi. — Ce raisonnement serait bon, si la force était nulle, non seulement au point d'origine, mais encore dans le voisinage immédiat ; or, cela n'est pas. Quelque faible que soit le premier déplacement attribué au mobile, il ne l'accomplit qu'en subissant l'action d'une force qui n'est pas nulle, qui travaille, et dont le travail peut expliquer la force vive produite. Il n'y a rien là qui répugne aux principes de la dynamique. Il est facile d'ailleurs de changer les conditions du problème de manière à rendre cette seconde solution, non seulement possible, mais seule possible et évidemment nécessaire. Il suffit de supposer que la loi de variation de la force soit donnée *en fonction du temps ;* c'est-à-dire que l'intensité de cette force soit déterminée, non plus par la position du point sur lequel elle agit, mais par le temps écoulé depuis le commencement de son action. Imaginons par exemple une force qui, nulle au début, croît ensuite proportionnellement au temps. Il est évident que le point

matériel *ne peut plus* maintenant rester en place, qu'il *doit* se mouvoir ; et, si l'on cherche à quel instant il *commence* ce mouvement, on est forcé par la mécanique de reconnaître que c'est au début même de l'action, c'est-à-dire, au moment précis où la force était nulle. C'est exactement le phénomène qu'indiquait la seconde solution ; on voit que loin de contredire les principes, il en est ici une conséquence inévitable. Si maintenant on calcule, chose extrêmement facile dans ce cas, la formule qui donne pour chaque instant la position correspondante du mobile, on pourra s'en servir pour exprimer la variation de la force, non plus en fonction du temps, mais en fonction de cette position variable ; et en se donnant dès l'abord cette dernière expression, on retrouverait exactement le problème énoncé comme nous le supposions au commencement de ce paragraphe. On aurait donc un problème de mécanique admettant, comme également possibles, deux solutions différentes, l'immobilité et le mouvement ; et même, comme l'immobilité, après s'être prolongée pendant un temps quelconque, pourra toujours se changer en mouvement, sans contredire les données du problème ni les lois de la dynamique, on peut dire que ce problème admet une infinité de solutions différentes.

Il ne faudrait pourtant pas croire, par une généralisation hâtive, que le mouvement sera toujours une solution possible, chaque fois que l'on appliquera à un point immobile une force qui, nulle à l'origine, croît immédiatement dans le voisinage. Tout dépend de la loi imposée à cette variation de la force. Ainsi, dans le cas purement théorique d'un cône pesant en équilibre sur sa pointe, s'il n'intervient aucune action perturbatrice, on trouve que l'immobilité est la seule solution possible ; et cependant le centre de gravité de ce cône se trouve alors soumis à une force de cette espèce. Mais le calcul montre que, sous l'action de cette force, le point exigerait un temps infini pour parcourir un arc quelconque, aussi petit qu'on le voudra, à partir de sa position d'équilibre ; il lui est

donc impossible de quitter cette position, si, comme on le suppose, il n'en est pas écarté par une action étrangère. M. Bertand dit le contraire dans son article du *Journal des Savants ;* mais c'est là une erreur évidente, fort étrange pour un géomètre ordinairement si exact. Elle montre du moins qu'il est fort éloigné de rejeter la proposition mise en lumière par M. Boussinesq ; c'est peut-être pour cette raison que celui-ci, dans sa réponse, ne l'a pas relevée.

Il s'est pourtant bien gardé lui-même de commettre aucune erreur semblable ; les exemples qu'il a calculés sont parfaitement corrects. Moins simples que le nôtre, quoique restreints aussi à un seul point mobile, ils ont l'avantage de multiplier à plaisir les époques où le mouvement de ce point devient plus ou moins indéterminé. Les plus anciennement trouvés assignent au mobile une trajectoire *géométriquement* déterminée, soit parce qu'ils le supposent enfilé sur une courbe rigide et sans frottement, pouvant admettre des bifurcations et des points multiples, soit parce que les forces sont disposées avec une symétrie qui ne permet le mouvement que sur une ligne droite. L'indétermination consiste en ce qu'il y a, de distance en distance sur cette trajectoire, des points d'arrêt pour ainsi dire facultatifs où, sans manquer à aucune des conditions du problème, le point matériel peut rester immobile *pendant un temps quelconque*, et reprendre ensuite son mouvement sur une quelconque des branches qui passent par ces points d'arrêt. Tant qu'il se meut, tous les détails de son mouvement sont complètement déterminés ; l'indétermination n'arrive qu'aux époques de repos.

M. Boussinesq trouva bientôt un exemple d'une portée plus étendue, où l'indétermination pénètre le mouvement lui-même. On arrive aisément à se le représenter, en imaginant que la droite, tout à l'heure immobile, sur laquelle le point matériel se mouvait, tourne maintenant comme le rayon d'un cercle, en emportant le mobile avec elle. Par là, chaque station facultative se change en un arc de cercle de

longueur également facultative, et chaque mouvement, tout à l'heure rectiligne, se change en un mouvement spiraloïde dont tous les détails sont complètement déterminés. Ici donc la trajectoire se compose alternativement d'arcs de cercles et d'arcs de spirales, qui se raccordent bout à bout. Mais entre ces deux espèces d'arcs, il y a une différence bien plus essentielle que celle de leurs figures. Sur les arcs de spirales le mouvement est tout déterminé, et le point mobile ne peut les quitter qu'à leurs extrémités ; au contraire, quand il est sur un arc de cercle, il *peut* ou le parcourir indéfiniment, ou le quitter à tout instant pour se lancer sur un nouvel arc de spirale.

Qu'arriverait-il si, au lieu d'un seul point mobile, nous en considérions plusieurs? Nous croyons, comme M. Boussinesq, que les cas d'indétermination sont d'autant plus nombreux que le système mobile est plus compliqué. Aussi, quoi qu'en dise M. Bertrand, nous admettons sans peine que, pour un système atomique analogue à ceux que nous voyons autour de nous, il puisse y avoir des conditions initiales telles que les forces intérieures du système seraient impuissantes à déterminer complètement le mouvement de tous ces atomes. Les trajectoires que la dynamique leur assignerait dans ces conditions se composeraient alternativement, comme celle de notre dernier exemple, de portions où le mouvement serait rigoureusement déterminé, et d'autres portions que l'atome pourrait, ou occuper pendant un temps arbitraire, ou quitter à tout instant, sans que rien dans les données du problème puisse lever cette indétermination. Les portions de la première espèce correspondent à ce qu'on appelle des intégrales *particulières*, celles de la seconde à des intégrales *singulières*, dénominations que nous pouvons heureusement accepter sans en exposer les raisons analytiques.

Jusqu'ici nous admettons entièrement les vues de M. Boussinesq, mais nous devons nous séparer de lui dans l'appli-

cation qu'il en fait aux actions matérielles volontaires. D'après lui, le cerveau serait un système ou une réunion de systèmes atomiques, dans lesquels les périodes d'indétermination se reproduiraient à de très courts intervalles. Dans chacune de ces périodes, l'agent volontaire, qu'il appelle le *principe directeur*, maintiendrait d'abord l'indétermination, et la lèverait ensuite à son gré en terminant la période à l'instant qu'il choisirait ; cela lui suffirait pour introduire dans les phénomènes le volontaire que nous y observons; et cependant il n'aurait à appliquer aucune force mécanique, puisque le passage d'une trajectoire singulière à une trajectoire particulière n'exige aucune application semblable.

L'auteur de cette ingénieuse théorie n'est pas simplement un mathématicien qui désire nous convaincre, c'est un habile écrivain qui cherche à nous persuader. Il sait parfaitement, en l'exposant, tirer parti des moindres avantages. Mais son zèle l'emporte un peu loin, quand il nous la présente (1) comme « l'unique moyen qui existe d'échapper » aux conclusions matérialistes de MM. du Bois-Reymond, Huxley, etc. Pour en arriver là il commence par *admettre* que, dans les phénomènes volontaires, « il n'existe pas de force vitale proprement dite. » La seule raison qu'il en donne est l'autorité « des plus grands noms de la science,» et il cite des passages d'Alexandre de Humboldt, de Berzélius, de Claude Bernard et de M. Berthelot. Encore ces passages, où il n'y a aucun argument, sont-ils fort peu décisifs ; il n'est pas bien sûr qu'ils se rapportent aux phénomènes volontaires, et nous aurions pu les alléguer nous-même, dans la première partie de ce chapitre, pour exclure toute « force vitale proprement dite » des phénomènes chimiques, plastiques et mécaniques de la vie végétative. Nous croyons cependant que cet « unique moyen d'échapper » aux embûches du matérialisme ne peut résister à la critique, et, sans

(1) *Conciliation du véritable déterminisme*, etc., p. 30.

redouter ces embûches qui ne sont que des toiles d'araignée, nous allons essayer de le démontrer.

Ce sera une démonstration purement scientifique. Nous ne demanderons pas comment il est possible de concevoir qu'un atome, aveugle et inintelligent, reçoive et exécute les ordres d'un principe directeur incapable de lui communiquer le moindre ébranlement. On pourrait nous répondre que c'est là de la métaphysique. Nous n'imiterons pas non plus la réfutation de M. Bertrand qui n'est, à notre avis, que de la métaphysique dans le mauvais sens du mot. M. Bertrand, en effet, déclare que « il n'est ni démontré, ni démontrable, ni vraisemblable, ni possible, ni vrai par conséquent, que les équations de la dynamique aient objectivement la rigueur absolue des théorèmes d'Euclide.... On suppose, dit-il, la continuité dans la variation d'une force, en admettant qu'elle ne conserve, pendant un temps si court qu'il soit, ni la même intensité, ni la même direction. Il n'en peut être ainsi : toute tentative pour imaginer le mécanisme des actions exercées conduit à supposer des impulsions successives et discontinues dont la durée ne saurait être nulle. » Il est évident que cette dernière phrase n'a pu être dictée que par l'horreur philosophique de *l'action à distance*, c'est-à-dire par une illusion métaphysique dont nous avons démontré l'inanité au chapitre IV. Nous avons donné alors d'excellentes raisons pour regarder les attractions et les répulsions atomiques comme des forces réellement primordiales, dont il ne s'agit pas « d'imaginer le mécanisme, » mais dont il faut se servir pour imaginer, ou plutôt, pour expliquer tout le reste du monde matériel. Or, quand on les comprend ainsi, il n'y a plus la moindre raison de leur supposer une variation discontinue, ni d'admettre comme valable la réfutation de M. Bertrand. Il n'est pas certain d'ailleurs qu'avec des forces discontinues, « les solutions multiples disparaissent. » M. Bertrand l'affirme, mais ne le montre pas ; et M. Boussinesq, dans une note de sa réponse, rend le contraire au moins probable.

Voici l'objection péremptoire que nous allons établir contre la nouvelle théorie : Les solutions singulières sont essentiellement *instables*, par suite pratiquement irréalisables, et par conséquent l'indétermination qu'elles semblent devoir introduire ne peut jamais se présenter.

L'*instabilité* est un caractère remarquable qui peut rendre les solutions illusoires, non seulement en statique, mais aussi en dynamique ; et, à notre avis, les traités de mécanique rationnelle feraient bien d'en parler un peu plus au long. C'est pour n'y avoir pas songé que Laplace commit un jour une erreur d'autant plus malheureuse qu'il voulut y voir une réfutation scientifique d'un verset de la Genèse : « Quelques partisans des causes finales, dit-il dans l'*Exposition du système du monde*, ont imaginé que la Lune a été donnée à la Terre pour l'éclairer pendant les nuits. Dans ce cas la nature n'aurait point atteint le but qu'elle se serait proposé, puisque nous sommes souvent privés à la fois de la lumière du Soleil et de celle de la Lune. Pour y parvenir, il eût suffi de mettre à l'origine la Lune en opposition avec le Soleil dans le plan même de l'écliptique, à une distance égale à la centième partie de la distance de la Terre au Soleil, et de donner à la Lune et à la Terre des vitesses parallèles et proportionnelles à leurs distances à cet astre. Alors la Lune, sans cesse en opposition au Soleil, eût décrit autour de lui une ellipse semblable à celle de la Terre ; ces deux astres se seraient succédé l'un à l'autre sur l'horizon, et comme à cette distance la Lune n'eût point été éclipsée, sa lumière aurait constamment remplacé celle du Soleil. » Malheureusement pour lui, Laplace a compté ici sans l'instabilité ; ce qui est erroné dans ce passage, ce n'est pas ce qu'ont « imaginé quelques partisans des causes finales, » c'est son objection et son théorème d'astronomie ; non que la solution particulière qu'il y donne du problème des trois corps soit fautive en théorie, mais parce que c'est une solution *instable*, qui doit se détraquer complètement et d'elle-même à la

moindre perturbation, une solution par conséquent que l'existence des planètes rend pratiquement irréalisable. Dès le premier instant, les trois corps cesseraient d'être en ligne droite, et leurs actions mutuelles suffiraient ensuite pour donner à la Lune toutes les vicissitudes qu'elle subit aujourd'hui. On trouvera la démonstration de cette instabilité dans un mémoire de M. Liouville, inséré parmi les Additions à la *Connaissance des temps* pour 1845.

L'instabilité en dynamique n'est pas exceptionnellement rare, et il est facile d'en trouver des cas plus simples encore que celui de Laplace. Chacun sait qu'avec une force centrale attractive, fonction de la distance, on peut toujours supposer au point mobile une vitesse telle qu'il décrive un cercle d'un mouvement uniforme. Il suffit que cette vitesse soit perpendiculaire au rayon vecteur et que son carré soit égal au produit de la force par ce rayon. Cela est théoriquement vrai, quelle que soit la manière dont l'attraction varie avec la distance. Mais très souvent, à cause de l'instabilité, cette solution théorique sera pratiquement irréalisable. Si l'on suppose, par exemple, que la force est en raison inverse d'une puissance de la distance, le mouvement circulaire ne sera plus qu'une solution *instable* dès que l'exposant de cette puissance sera supérieur à 3. Ainsi, tandis que l'attraction newtonienne, où cet exposant est 2, ramènerait le mobile vers le cercle si une perturbation accidentelle l'en écartait, une attraction inversement proportionnelle à la 4e puissance continuerait, au contraire, à l'en éloigner indéfiniment. Cependant il est bon de le remarquer, la trajectoire circulaire n'est pas dans ce dernier cas une solution *singulière*, c'est bien la seule qui soit possible d'après les données ; il n'y a pas d'indétermination ; s'il n'intervient aucune perturbation étrangère, le mobile suivra nécessairement le cercle, et il exigerait un temps infini pour s'en écarter tant soit peu de lui-même. Les calculs qui établissent ces propositions ne sauraient trouver place ici, mais ils sont des plus faciles.

Ces exemples suffisent pour se faire une idée nette de l'instabilité et de ses conséquences. Une solution n'est pas instable par cela seul que, dans l'application, elle est exposée à subir quelques dérangements. C'est là, on peut le dire, le sort ordinaire de toutes les solutions théoriques; parce que, outre les forces principales essentiellement comprises dans les données du problème, il y en a toujours d'autres, généralement beaucoup plus faibles et qui n'interviennent, pour ainsi dire, qu'accidentellement. Dans bien des cas, ces faibles forces perturbatrices ne déterminent que de légères altérations, de même ordre qu'elles, parce qu'elles en sont alors les seules causes efficientes; souvent même il arrive que les forces principales tendent à les neutraliser. Mais elles peuvent aussi, dans d'autres cas, jouer le rôle de causes *excitatrices*, c'est-à-dire, modifier tellement le jeu des forces principales que celles-ci se chargent de continuer elles-mêmes et d'amplifier considérablement le dérangement commencé. C'est dans ces cas que la solution théorique, qui ne prévoit pas les forces perturbatrices, mérite vraiment d'être appelée instable, parce que ces faibles forces la renversent complètement. L'on voit aisément que cette notion de l'instabilité s'étend en dehors de la statique, et qu'elle s'applique à des cas de mouvement avec la même précision qu'à l'équilibre instable. L'on voit aussi que, si beaucoup de solutions théoriques peuvent être considérées comme réalisables dans les phénomènes de la nature parce qu'elles n'y sont exposées qu'à de légères variations, il n'en est pas de même des solutions instables. Tous les traités nous avertissent que, dans cet univers où les corps agissent à toute distance les uns sur les autres, tout équilibre instable est une solution purement théorique, incapable de se réaliser pendant une fraction de seconde; évidemment et pour la même raison, il en faut dire autant du cas théorique des trois corps démontré par Laplace, du mouvement circulaire sous une attraction centrale en raison inverse de la quatrième puissance de la distance, et en général de toutes les solutions instables.

Or les solutions singulières signalées par M. Boussinesq sont toutes essentiellement instables. On le voit aisément dans chacun des exemples qu'il a calculés ; mais de plus il est possible d'en assigner la raison générale. En effet, lorsque le mobile parcourt une portion singulière de sa trajectoire, la force qui suffit pour l'en écarter et modifier immédiatement le jeu des forces principales de manière à déterminer le mouvement sur une trajectoire complètement différente, c'est une force rigoureusement nulle au début, à laquelle par suite on peut alors attribuer n'importe quelle direction. Il est donc évident qu'une force perturbatrice quelconque, quelque faible qu'on la suppose, sera plus que suffisante pour commencer le dérangement et permettre aux forces principales de le continuer. Seulement entre ces deux forces il y aura cette différence, que la première étant nulle au début n'est pas forcée de commencer le mouvement à un instant plutôt qu'à un autre, tandis que la seconde doit ébranler le mobile dès qu'elle lui est appliquée. Il s'ensuit que, dans les phénomènes réels de l'univers, la trajectoire singulière théorique sera toujours abandonnée dès son premier point et son premier instant ; car il y aura toujours des forces perturbatrices suffisantes pour rendre cet abandon nécessaire. Il n'y aura donc jamais une seule portion singulière pratiquablement réalisable, et par conséquent l'indétermination, qui résultait de la possibilité d'une pareille portion, disparaît entièrement.

Il n'y a qu'une seule exception possible à ce raisonnement : ce serait le cas où l'indétermination théorique s'étendrait au système de tous les atomes de l'univers ; car alors il ne resterait plus de forces étrangères pour jouer le rôle de forces perturbatrices. Une pareille occurrence a-t-elle quelque probabilité ? On pourrait le croire à première vue, si l'on admet, comme nous, que plus le système est compliqué, plus les cas d'indétermination possible doivent être nombreux ; mais, pour apprécier la probabilité d'un événement, il ne suffit pas de compter le nombre de chan-

ces favorables ; il faut aussi compter le nombre de chances défavorables, et considérer le rapport de ces deux nombres. Peut-être ce rapport décroît-il à mesure que les nombres augmentent. Il serait bien difficile aujourd'hui d'évaluer, même approximativement, une telle probabilité. Heureusement nous pouvons nous en dispenser ; car il ne paraît pas qu'on puisse, sur une pareille base, édifier une théorie analogue à celle de M. Boussinesq.

Avant de quitter celle-ci, nous devons signaler une autre espèce d'indétermination qui ne correspond pas à des intégrales singulières, mais dont la possibilité n'a pas échappé à cet ingénieux mathématicien. Il l'a jugée avec raison « moins intéressante » que l'autre, au point de vue des actions volontaires, et il ajoute : « Il serait curieux de trouver en mécanique, s'il en existe, des exemples de lieux de bifurcations ne constituant pas une intégrale, des exemples de *bifurcations instantanées*, pour ainsi dire. Le moment de prendre chaque décision n'y serait pas laissé à la disposition du principe directeur : celui-ci devrait intervenir à des instants déterminés, pour choisir entre deux ou plusieurs voies ouvertes, tout à coup, devant le système matériel (1). » Nous croyons que, dans ces cas, l'indétermination résulte de ce que, à un certain instant, la force et la vitesse deviennent toutes deux infinies ; de même que, dans les solutions singulières, elle nous paraît due à ce que certaines forces et certaines vitesses correspondantes s'annulent ensemble. Voici, nous semble-il, un exemple fort simple de cette nouvelle espèce d'indétermination. Un point matériel sans vitesse initiale, attiré vers un point fixe suivant la loi newtonienne, acquiert une vitesse infinie en arrivant au point fixe où l'attraction devient également infinie. En regardant son mouvement rectiligne comme la limite de divers mouvements elliptiques, on démontre aisé-

(1) *Conciliation du véritable déterminisme etc.* — Notes complémentaires, page 169.

ment que l'on peut attribuer à cette vitesse infinie n'importe quelle direction ; et, en appliquant le théorème général de la réversion, on conclurait que le mobile peut ensuite, à partir du point fixe, parcourir une droite suivant une direction absolument indéterminée. Mais d'après ce que nous savons de la constitution atomique des corps, il paraît impossible qu'un pareil cas se présente jamais dans la nature, et la philosophie naturelle n'a point à s'en occuper.

L'examen consciencieux que nous venons de faire nous permet de résoudre affirmativement la question que nous nous sommes posée plus haut : Oui, il existe des forces mécaniques volontaires.

En effet, nous pouvons maintenant affirmer que là où les forces atomiques, non volontaires, interviennent seules, le mouvement de leurs mobiles est rigoureusement déterminé par les conditions initiales jointes aux équations de la dynamique. Si donc ces forces étaient seules appliquées aux atomes du cerveau, tous les mouvements de ces atomes seraient déterminés d'avance, et il en serait de même de tous les phénomènes nerveux, de tous les phénomènes organiques qui en sont la conséquence. Il n'y aurait donc pas de phénomènes matériels volontaires. La seule manière possible d'expliquer l'existence de certains de ces phénomènes, en dehors de l'harmonie préétablie que repousse le sens intime, est donc d'attribuer aux agents volontaires une faculté analogue à celle que possèdent les substances atomiques, la faculté d'exercer sur les atomes une action qui suffirait à elle seule pour les déplacer et qui, dans tous les cas où elle s'exerce, modifie leurs mouvements ; en d'autres termes, de leur appliquer des forces mécaniques. Nous connaissons les difficultés philosophiques et scientifiques que l'on peut opposer à cette conclusion ; mais, comme nous sommes loin d'avoir épuisé le sujet dans ce chapitre, on nous permettra de les réserver.

I. Carbonnelle, S. J.

(*La suite prochainement*).

BIBLIOGRAPHIE

I.

Essai sur l'effet thermique des parois d'une enceinte sur les gaz qu'elle renferme. — Thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques, par M. Aimé Witz, ingénieur des arts et manufactures, ancien élève de l'École Centrale, professeur à la Faculté des sciences de l'Université catholique de Lille. — In-4°, 1-102, avec 3 planches lithographiées. — Paris. Gauthier-Villars. 1878.

C'est une bonne fortune pour un jeune physicien de trouver dans le champ de la science un terrain qui n'ait point encore été défriché : disons mieux et plus sincèrement, c'est un mérite de découvrir, depuis les recherches des vingt dernières années, une parcelle inculte dans un sol remué par tant de chercheurs qu'animent la soif du succès et une ardeur infatigable.

Ces heureuses découvertes sont réservées, le plus souvent, à ceux qui explorent les frontières communes aux divers ordres de sciences : tel est le cas de l'ingénieur qui se fait physicien pour élucider les difficultés qu'il a rencontrées dans la pratique industrielle.

« L'étude de l'effet thermique des parois, dit l'auteur du travail que nous nous proposons d'analyser, présente un double intérêt, théorique et pratique.

» L'importance de la question me fut révélée d'abord dans ses applications : ingénieur d'une maison qui avait acquis une juste renommée pour la construction des machines à vapeur, j'eus à étudier les effets des enveloppes de vapeur dont on entoure les cylindres. Or, l'économie considérable procurée par ces enveloppes, dans les machines qui en sont pourvues, n'est due qu'à une action des parois.

» Mais cette action est complexe; elle est fonction des propriétés physiques des gaz et de l'enceinte ; envisagée à ce point de vue purement théorique, cette étude paraît sortir de la compétence de l'ingénieur, mais elle est du plus haut intérêt pour le physicien.

» Cet essai, entrepris à ce double point de vue, comprendra donc deux parties :

» 1° Une étude théorique et expérimentale de l'effet des parois sur les gaz ;

» 2° L'exposé de quelques opinions sur le rôle des parois dans les moteurs thermiques et leur discussion à l'aide des théories établies précédemment. »

Dans la première partie de son travail, M. Witz recherche les lois du réchauffement et du refroidissement des gaz, et il s'inspire des méthodes fécondes employées par Dulong et Petit en 1818, alors qu'ils déterminaient les lois de la communication de la chaleur qu'il convenait de substituer aux lois de Newton; mais les difficultés qu'il trouve sur son chemin sont considérables, car un gaz subit des variations de température qui peuvent devenir 60 fois plus grandes que celles des thermomètres qu'observaient Dulong et Petit.

Et puis, comment mesurer la température d'un gaz alors qu'elle varie de 12 degrés à la seconde ? Un thermomètre à mercure, un thermomètre de Bréguet, une pile thermo-électrique ne pourraient être employés dans ce cas.

Il fallait imaginer une méthode nouvelle qui se prêtât à des mesures délicates et permît d'enregistrer automatiquement les températures successives que prend le gaz sous l'action des parois d'une enceinte.

« Une seule méthode me semble échapper à toute critique, lisons-nous à la page 17, c'est de faire mesurer la température du gaz par lui-même en notant ses variations de pression. Le gaz constitue dès lors un thermomètre à gaz dont l'enceinte est le réservoir : la même idée avait conduit Dulong et Petit à soumettre au refroidissement le liquide d'un thermomètre. »

Une simple application de la loi de Gay-Lussac permettra de déduire la température du gaz de sa pression. On refroidira le gaz dans l'enceinte même par une détente ou bien on le réchauffera par une compression et l'on observera les mouvements du mercure d'un manomètre, durant le temps que le gaz reviendra à la température de l'enceinte, en introdui-

sant dans ce manomètre deux fils de platine de longueur telle que le mercure ne les touche tous deux, que durant un intervalle correspondant à une variation de pression déterminée ; et, en reliant ces fils à une pile et à un récepteur du télégraphe Morse, on peut inscrire à 1/10 de seconde près, le temps que met le mercure à franchir la distance qui sépare les fils, d'où se déduit sans peine la vitesse de réchauffement ou de refroidissement du gaz.

Cet ingénieux procédé est d'une délicatesse extrême, et les résultats de 1180 expériences présentent une concordance inespérée.

L'enceinte dans laquelle s'observe le phénomène est d'une construction spéciale ; elle permet d'opérer à toute pression et à toute température, tout en modifiant à volonté sa forme et ses dimensions. Mais la description de cet appareil nous entraînerait trop loin ; nous ne suivrons non plus l'auteur dans ses calculs, et ne répéterons point les raisonnements qu'il fait pour établir la forme de la fonction de la vitesse.

Il est d'un intérêt plus grand de concentrer notre attention sur les résultats de ces nombreuses expériences.

Ces résultats sont résumés dans un chapitre spécial, dont nous allons extraire les faits les plus intéressants.

« L'effet thermique de la paroi sur les gaz qu'elle renferme est extrêmement complexe dans sa généralité ; les lois du phénomène qui paraissent défier l'analyse quand on en aborde l'étude générale, ne peuvent être exprimées par une relation simple.

» Pour réussir à les enfermer dans un énoncé, il faut se restreindre à l'examen d'un cas particulier, pour lequel la marche du phénomène puisse être observée et étudiée. Dans ce but, j'ai choisi comme premier objet d'étude l'air, à une pression moyenne de $0^m, 840$, non point en repos, mais animé d'un mouvement semblable à celui qu'il prend dans sa détente, ou son écoulement d'un réservoir dans un autre : c'est le cas pratique et, par là même, le plus intéressant. »

Partant de là, M Witz établit sans peine que la vitesse de réchauffement de l'air doit être fonction de l'excès de température de la paroi, de sa conductibilité, de sa forme et dimension, et enfin de la pression du gaz : les autres influences sont éliminées ou négligeables.

La loi qui lie les vitesses aux excès peut être exprimée par une relation empirique simple de la forme :

$$v = \alpha\varepsilon + \beta\varepsilon^2.$$

On pourrait dire encore, quoique avec moins de rigueur, que lorsque les excès croissent en progression géométrique de raison 2, la vitesse croît suivant une autre progression géométrique de raison 1,216.

Cette loi n'est point modifiée par la conductibilité de la paroi ; toutefois, la vitesse varie proportionnellement à cette conductibilité.

« La même observation s'applique à l'influence de la forme et des dimensions exprimée par $\varphi\left(\frac{S}{V}\right)$; la vitesse croît proportionnellement à cette quantité, soit de 1,48 à 1, si l'on passe d'un cylindre de 200^{mm} de diamètre à un autre de 125 ^{mm}.

» Dans les limites de pression énoncées ci-dessus, la vitesse varie proportionnellement à la puissance — 0,55 de l'élasticité. Exprimant donc les excès en degrés centigrades, et les pressions en fonction de l'atmosphère, on pourra représenter les faits de réchauffement de l'air dans un cylindre de fonte de 125^{mm} de diamètre sur 400^{mm} de hauteur, par la formule :

$$v = 1,48\ (0,11\varepsilon + 0,0016\varepsilon^2)\ P^{-0,55}$$

ou par cette autre :

$$v = 1,95\ .^{1,216}\ \varepsilon.\ P^{-0,55}.$$

» Telle est la loi qui régit le phénomène, dans les conditions spéciales que nous avons définies, pour des excès compris entre 0° et 40°.

» Hors de ces limites, le phénomène se complique et change pour l'air ; mais la discussion détaillée des diverses influences nous a permis de suivre pas à pas les modifications de la loi.

» En opérant toujours sur l'air, mais en le prenant à l'état de repos, dans une enceinte de diamètre plus considérable, on voit croître la vitesse avec le pouvoir émissif de la paroi, avec sa température, et avec le pouvoir absorbant du gaz. La loi des excès n'est point modifiée.

» Si la pression de l'air s'élève au-dessus de 0^m,840 (1 atm., 1) la loi des pressions donnée ci-dessus cesse d'être exacte. A 1^m,552, l'exposant de P sera égal à — 0,12 : la vitesse décroît beaucoup plus lentement que ne l'indique la formule, et à 2^m,800, dans le cylindre de 0^m,125, la vitesse est encore égale aux $\frac{85}{100}$ de ce qu'elle était à 0^m,792.

» L'influence de la forme et des dimensions est devenue considérable aux pressions élevées, et la loi paraît entièrement changée.

» Opérons sur un autre gaz : s'il est voisin de son point de liquéfaction, la loi des excès cesse elle-même d'être exacte et la complication des résultats est extrême.

» Il est impossible d'admettre que ce phénomène envisagé dans sa généralité, puisse jamais être exprimé par une relation simple. Mais tous les effets, que l'expérience a tant de peine à dégager les uns des autres, paraissent découler d'un fait qu'il est facile d'énoncer : *l'action du contact prédominait dans les conditions décrites d'abord; l'action du rayonnement, intervenant dans les autres, modifie entièrement le phénomène.*

» Ce résultat me paraît important ; car l'étude que j'ai entreprise avait beaucoup moins pour but de fixer des nombres définitifs, d'une

utilité douteuse, puisqu'ils varient avec les conditions spéciales de l'opération, que de conduire à des principes généraux qui puissent éclairer le phénomène si obscur de l'effet des parois sur le gaz qu'elles renferment. »

Les résultats précédents trouvent une éclatante confirmation dans des expériences de vérification entreprises par l'auteur. Les temps, observés et calculés d'après une formule logarithmique, résultant d'une intégration, ne diffèrent que de $\frac{3}{100}$ et $\frac{5}{100}$ de seconde, sur une moyenne de 5 expériences. Cette concordance est un argument précieux en faveur des résultats obtenus par les méthodes d'investigation et de calcul adoptées dans le travail.

La deuxième partie de la thèse de M. Witz est consacrée à l'examen des opinions admises sur le rôle des parois dans les machines thermiques : l'application des résultats acquis dans la première partie suit de près la théorie et nous en fait toucher du doigt l'immense importance.

Comment agit *l'enveloppe de vapeur* dans la détente de la vapeur, se demandent depuis plus de vingt ans ingénieurs et praticiens? M. Hirn a constaté depuis longtemps que du chef de l'enveloppe on réalise 20 et 25 pour cent d'économie; M. Farcot d'une part, M. Hallauer d'autre part, confirmaient récemment ces résultats; et cependant la théorie mécanique de la chaleur, en admettant même que la chaleur de l'enveloppe ne coutât rien, ce qui est faux, n'arriverait à rendre compte que d'une augmentation de 8 pour cent de travail pour une même dépense de combustible.

D'où les conclusions les plus contradictoires des uns et des autres. M. Witz relève quelques opinions de MM. Hirn, Combes et Rankine, mais il n'entre point encore en lice : son armure théorique a peut-être besoin d'être complétée par des essais directs sur la vapeur d'eau, et il sent les défauts de sa cuirasse. Mais il s'attaque résolument à une erreur, et prouve victorieusement que les gaz qui sont diathermanes au plus haut degré, qui sont les plus mauvais conducteurs connus du calorique, se réchauffent notablement en moins de $\frac{5}{100}$ de seconde. De l'air qui se détend dans un cylindre de fonte alésé de 125^{mm} de diamètre et de 400^{mm} de hauteur depuis 1555^{mm} de pression jusqu'à 759^{mm} subit l'effet thermique de la paroi et se réchauffe de $0^{\circ},36$ en $\frac{5}{100}$ de seconde. M. Witz en déduit qu'il est impossible d'*observer* une détente suivant une ligne *adiabatique*, et qu'elle se ferait suivant une ligne *isothermique* si elle durait 20 secondes.

Ces conclusions de l'auteur sont très importantes : nous formons le vœu qu'il puisse continuer longtemps encore ses travaux dans les laboratoires de la Faculté des sciences de l'Université catholique de Lille et

les poursuivre jusqu'à l'entier accomplissement du vaste dessein qu'il a formé.

J. Chautard.

II

Actualités scientifiques. — La Spectroscopie, par A. Cazin. Paris, Gauthier-Villars, 1878, in-12.

Les études spectrales sont au nombre des plus attrayantes de notre temps, et sont de celles auxquelles le plus brillant avenir est encore réservé. La découverte des *raies obscures* dans le spectre du soleil par Fraünhofer; puis, bien longtemps après, celle de l'existence d'un spectre discontinu pour les vapeurs et les gaz incandescents, et de la propriété que possèdent les vapeurs d'absorber les radiations émises par la même substance portée à une haute température; l'application de ces propriétés si remarquables à l'analyse chimique et à l'étude de la constitution des astres, telles sont les principales étapes qui mesurent la route parcourue depuis un demi-siècle dans ce domaine inconnu à l'ancienne physique. Un livre court et solide, écrit par un homme compétent, résumant sur cette question à l'ordre du jour les connaissances acquises, renfermant toutes les indications intéressantes pour un lecteur *amateur* et suffisantes pour celui qui désire se livrer à ces études attrayantes, ne peut manquer d'être bien accueilli. Le petit volume de M. A. Cazin nous paraît remplir ces conditions.

Ce livre est divisé en trois chapitres, dont le premier traite des instruments et des procédés d'expérimentation. M. Cazin décrit brièvement la disposition qui fournit le spectre bien pur d'une source lumineuse projetée sur la fente d'un spectroscope, et les moyens d'en étudier, au point de vue des raies spectrales, la portion invisible ou ultra-violette (prismes de quartz, fluorescence, photographie). Une curieuse découverte de M. Ed. Becquerel permettra peut-être d'étudier, mieux que Foucault n'a pu le faire, la région chaude ou infra-rouge. M. Cazin s'arrête, à ce propos, sur la distinction entre les *spectres linéaires* et les *spectres à bandes* plus ou moins estompées que produisent les gaz, et dans une théorie du plus grand intérêt rattache ces derniers à la cause qui fait varier l'indice de réfraction par le mouvement relatif de la source lumineuse, comme le son d'un corps vibrant nous apparaît plus élevé ou plus bas suivant que ce corps s'approche ou s'éloigne de nous (pp. 9-19).

La description des appareils dispersifs pour produire les spectres, qui

vient ensuite, sera particulièrement consultée par les expérimentateurs. M. Cazin décrit les prismes de MM. Hofmann et Duboscq, le spectroscope à prismes multiples du P. Secchi, celui de M. Janssen, etc...; puis les spectres résultant de la *diffraction* par les *réseaux*, composés de petites lignes parallèles très serrées que l'on trace sur une lame bien polie. M. Mascart, dans ses beaux travaux sur le spectre ultra-violet, a fait usage d'un réseau contenant 442 traits sur un espace de 1^{mm}. M. Rutherfurd se sert de préférence de *spectres par réflexion*, provenant de réseaux tracés sur des plaques métalliques. Ces spectres très purs et très faciles à manier, ont encore l'avantage de ne pas altérer la relation qui existe entre les longueurs d'ondulation des rayons de diverses couleurs et l'espacement de ceux-ci sur le spectre.

La manière de porter à l'état de vapeurs incandescentes les substances dont on veut étudier les raies (on sait que les solides et les liquides ne donnent que des spectres *continus*), a aussi son importance. Pour bien des corps, l'immersion dans la flamme non éclairante d'un brûleur de Bunsen suffit ; d'autres procédés analogues sont décrits et discutés par M. Cazin, mais il donne la préférence à l'emploi de l'étincelle électrique, soit par le moyen d'une bobine de Ruhmkorff, soit par l'arc voltaïque de la pile : on obtient ainsi, en général, avec le spectre du métal dont sont formés les électrodes, celui du gaz dans lequel s'opère la décharge. M. Cazin développe les procédés à employer pour distinguer l'un de l'autre.

Le chapitre II étudie les phénomènes qui font l'objet de la spectroscopie, les spectres *d'émission* et les spectres *d'absorption* des différentes substances. Les vapeurs rendues lumineuses par une haute température donnent un spectre qui se résout en un nombre plus ou moins grand de *raies colorées*, ayant pour une même substance des positions invariables, caractéristiques dans le spectre : c'est là ce qu'on nomme spectres d'émission. Les vapeurs métalliques sont surtout remarquables sous ce rapport, et les travaux de MM. Kirchhoff et Bunsen, qui ont ouvert la voie dans cette question, sont discutés en détail par M. Cazin. Depuis, ces recherches ont été complétées et étendues par MM. Hofmann, Robert Thalén, Angström, Huggins, qui ont déchiffré les raies caractéristiques des divers métaux et leurs indices de réfraction : ainsi, tandis que le sodium ne possède guère que neuf raies et l'osmium qu'une seule, le fer en a cent quarante-huit et le titane deux cent un. M. Lecoq de Boisbaudran a résumé l'ensemble de ces recherches. Mais la détermination des raies dans la portion ultra-violette du spectre est moins avancée : la fixation de leurs positions au moyen de la photographie est facilitée par le travail de M. Mascart, qui a déterminé les longueurs d'onde de dix-sept raies principales dans cette portion du spectre solaire et en a trouvé

environ sept cents autres. M. Cazin signale l'importance et le succès assuré de ces recherches.

L'étude des spectres des gaz simples présente plus de difficulté, car il semble résulter des recherches de Plücker et Hittorf qu'un gaz ou une vapeur simple a des spectres différents, suivant la température, la pression et la tension électrique. M. Cazin discute longuement le sujet, encore fort obscur ; le lecteur verra avec un intérêt particulier l'exposé des recherches que lui-même a faites sur le spectre de l'azote (pp. 84-87) et qui l'ont conduit à démontrer l'insuffisance des explications proposées. En résumé, il a observé trois spectres différents suivant les circonstances dans l'azote incandescent, et la cause de cette multiplicité ne peut tenir qu'à l'électricité. M. Cazin a aussi poursuivi les recherches de MM. Wüllner et Frankland, qui ont cru reconnaître que les raies d'émission d'un gaz s'étendent à mesure que la pression augmente, et que le spectre finit par devenir continu si la pression est assez forte. M. Cazin paraît porté à penser que cette continuité du spectre est produite, dans les circonstances dont il s'agit, par des poussières solides, dont la quantité croît avec la pression. Toute cette partie de l'ouvrage de M. Cazin offre autant de nouveauté que d'intérêt, et mérite une lecture attentive, ainsi que le paragraphe consacré à la question difficile et obscure des spectres des substances composées. Vient ensuite l'étude des spectres d'*absorption* et des méthodes employées par divers physiciens pour les observer : on sait que si la lumière d'une vapeur incandescente, avant d'arriver au spectroscope, traverse un milieu composé de la même vapeur à une température moins élevée, les raies brillantes, caractéristiques du spectre d'émission de la vapeur, sont remplacées par des raies obscures, et que l'on a pu formuler cette loi : un gaz ou une vapeur a la propriété d'absorber les radiations qu'elle émettrait elle-même si elle était portée à une température plus haute. Les travaux de M. Lockyer sont surtout remarquables sur ce sujet.

Enfin, le dernier chapitre est consacré aux applications du spectroscope, tant à la chimie qu'à l'astronomie ; c'est celui que liront avec le plus de plaisir les lecteurs qui préfèrent connaître les résultats pratiques d'une science plutôt que d'en étudier les méthodes. Tout le monde, d'ailleurs, connaît l'usage du spectroscope pour déceler les plus petites quantités d'une substance en vapeur dans l'espace : la raie caractéristique du sodium apparaît dans l'air qui en contient $\frac{1}{20\,000\,000}$ de son poids, et comme l'atmosphère est en présence des eaux de l'océan, chargées de chlorure de sodium et agitées par les vagues, elle en charrie constamment des quantités suffisantes pour être révélées par l'analyse spectroscopique. C'est en effet ce que l'on observe. Grâce à cette extrême sensibilité, l'analyse spectrale a fait connaître l'existence de plusieurs corps simples qui avaient échappé à l'analyse chimique, le *rubidium* et

le *cæsium* reconnus par MM. Kirchhoff et Bunsen, l'*indium* trouvé par MM. Reich et Richter, le *thallium* par MM. Crookes et Lamy, le *gallium* par M. Lecoq, etc.

Mais l'astronomie a tiré un parti plus admirable encore de l'analyse spectrale. Nous avons vu naître la *chimie sidérale*. Le *renversement des raies* par l'absorption a donné l'explication des raies noires du spectre solaire, et a fait connaître les métaux qui flottent à l'état de vapeur dans l'atmosphère éblouissante du soleil (1). Plus tard, M. Janssen et M. Lockyer ont tiré du spectroscope le moyen d'étudier en tout temps les *protubérances rouges* de la chromosphère solaire qu'on n'avait aperçues jusque là que dans les éclipses, et cette méthode est devenue, entre les mains du P. Secchi et des spectroscopistes italiens, une source de découvertes d'un haut intérêt scientifique. M. Cazin l'expose avec beaucoup de soin et de clarté, ce qui ne se rencontre pas souvent. Enfin, l'analyse spectrale des étoiles, si heureusement commencée par le P. Secchi, Donati, M. Huggins, a porté bien plus loin encore nos connaissances chimiques dans l'univers visible, et ce curieux chapitre de la science, que nos pères ne pouvaient même pas soupçonner, est à peine ouvert aujourd'hui.

Ph. G.

III

Les Montagnes, par Albert Dupaigne. Sept cartes en couleur hors texte; illustrations dans le texte. Ouvrage couronné par l'Académie française. Troisième édition, revue et augmentée. — Tours, Alfred Mame et Fils, éditeurs, in-8°.

Ce livre s'adresse principalement aux touristes sérieux qui veulent s'instruire dans leurs voyages aux pays de montagnes, et jouir en connaissance de cause du spectacle de la nature. On verra, par la courte analyse que nous allons en faire, qu'il peut intéresser d'autres lecteurs encore.

La terre est un globe de 40 000 kilomètres de tour dont la surface se partage en deux grands empires, l'océan et la terre ferme. Le domaine des eaux s'étend sur les trois quarts de notre planète, cachant, sous sa nappe sphérique, des profondeurs que le génie de l'homme sait à peine sonder. Les lignes capricieuses de ses rivages limitent les continents

(1) A ce sujet, nous remarquons dans l'écrit de M. Cazin une sorte de contradiction. A trois reprises, il parle de la découverte du renversement des raies par absorption (pp. 43-44, p. 103 et p. 121), et semble, tantôt en attribuer la découverte à Foucault, tantôt la reporter à MM. Kirchhoff et Bunsen.

dont le sol, plus ou moins tourmenté, présente ici des accidents et des saillies, ce sont les collines, les monts et les montagnes, groupées en massifs ou en chaînes ; là des parties faiblement inclinées ou parfaitement plates, ce sont les plateaux et les plaines.

Ce sont les montagnes, leur situation sur le globe, leur hauteur et leurs formes, leur naissance et leur histoire, leur vie actuelle, la circulation de leurs eaux, les ébranlements et les convulsions de leurs masses, les végétaux qui les recouvrent, les animaux et les hommes qui les habitent, que le savant vulgarisateur, dont nous analysons l'ouvrage, passe successivement en revue ; semant, sur le long trajet qu'il parcourt dans les 600 pages d'un livre plein de faits et de science, les trésors d'une érudition de bon goût, les accents d'un cœur sincèrement croyant et les charmes d'une poésie toute fraîche comme la nature qu'il dépeint.

Recueillons en passant un regret et un souhait bien souvent répétés et qui finissent enfin par être entendus ; ils s'adressent l'un et l'autre à la géographie, cette « science méconnue », si longtemps impopulaire et pourtant si pleine d'agréments et d'utilités. On en fit jadis la suivante de l'histoire ; on la bannit du domaine de l'intelligence pour la reléguer dans celui de la mémoire ; elle fut condamnée à végéter dans des manuels, vrais catalogues de pays et de villes, chaos indigestes de mots barbares ou incompris qui surchargent la mémoire des élèves et les rebutent. Nos voisins d'Angleterre et d'Allemagne ont été bien plus sages que nous ; chez eux la géographie est considérée depuis longtemps comme une science d'observation, une science de faits qui a sa place parmi les sciences physiques et naturelles. Quinze années de réclamation et d'efforts nous ont fait entrer dans la même voie ; nous avons aujourd'hui de bons ouvrages classiques et nos cartes ont cessé d'être inexactes et inintelligibles. Puissions-nous voir l'enseignement de la géographie demeurer et progresser dans cette voie nouvelle, et l'on verra bientôt tomber d'eux-mêmes les préjugés injustes dont cette science, victime de méthodes irrationnelles, fut si longtemps l'objet. « Lorsqu'elle cherche à peindre le pays dont elle parle, ne prononçant jamais un nom propre sans lui ajouter une qualité caractéristique, un détail frappant qui serve de point d'attache à la mémoire ; lorsqu'elle anime sa description d'un pays par des notions pittoresques sur la nature du sol, le climat, les cultures, les animaux ; enfin lorsqu'elle met en scène les habitants eux-mêmes, leur race, leur caractère, leur état social et religieux, leurs travaux, leur gouvernement ; la géographie, lorsqu'elle fait tout cela, est le plus attachant, le plus aimé, le plus profitable des exercices scolaires (1). »

(1) P. 52.

Arrivons aux montagnes. « Où sont les montagnes ? Quelles sont les plus proches, les plus belles, les plus visitées ? Se ressemblent-elles toutes, ou présentent-elles des aspects différents ? Commençons naturellement par les plus voisines, celles qui nous appartiennent et nous touchent (1). » C'est de celles-ci surtout que nous parlera M. Dupaigne. La forme de la France, le bassin de Paris, les Vosges, le Plateau Central, le Jura, les Pyrénées, la comparaison des Pyrénées et des Alpes, les Alpes enfin, feront presque tous les frais d'un long chapitre où un seul paragraphe, relativement court, est consacré aux autres montagnes de l'Europe ; il est suivi de quelques pages seulement sur les montagnes lointaines.

Cette inégalité dans le partage du sujet n'a rien qui doive surprendre. L'auteur ne s'est point proposé de dresser un inventaire complet et détaillé de toutes les montagnes du globe ; son livre est une œuvre de vulgarisation, destinée aux voyageurs, aux jeunes gens surtout, que la saison des vacances conduit aux pays des montagnes. Il veut les aider, avant le départ, à préparer le voyage et, au retour, à fixer leurs souvenirs. Les détails spéciaux devaient donc être consacrés aux montagnes que nos touristes européens visitent avec prédilection, celles de la Suisse, de la France et de l'Italie. Donnons avec l'auteur les honneurs à la France.

Si nous jetons les yeux sur la carte de la France et des pays voisins, dont le livre de M. Dupaigne est orné, nous voyons s'étendre au nord une vaste dépression dont Paris est le centre. Paris, selon l'expression de M. Élie de Beaumont (2), est « le pôle creux et attractif du sol français... » il « est devenu la capitale de la France et du monde civilisé... » et « réunit autour de lui les richesses de la nature, de l'industrie et de la pensée. » Le sol français a aussi « un pôle saillant et répulsif ; » c'est le Cantal, ce sont les monts Dore, points culminants du *Plateau Central* dont les saillies granitiques, flanquées de masses calcaires, occupent, au sud du *Bassin de Paris,* une superficie à peu près égale à celle de ce dernier. « Tout semble fuir en divergeant de ce centre élevé qui ne reçoit du ciel qui le surmonte que la neige qui le couvre pendant plusieurs mois de l'année. Il domine tout ce qui l'entoure et ses vallées divergentes versent les eaux dans toutes les directions. Les routes s'en échappent en rayonnant comme les rivières qui y prennent leur source » et traversent en tous sens la ceinture de plaines qui l'entoure et où s'élève une pléiade de villes riches et industrielles. Au delà de ces plaines se dressent « les remparts de trois chaînes montagneuses, sur la crête desquelles est la

(1) P. 83.

(2) *Introduction à la carte géologique de France.* — Cité par l'auteur, pp. 85 et suiv.

limite du territoire français ; à l'est le Jura et les Alpes, et au sud, entre les deux mers, les Pyrénées (1). » Mais revenons d'abord vers l'est, derrière la ligne de collines qui ceint le Bassin de Paris. Là serpente, dans une direction du sud au nord et sur une longueur de 260 kil. du pied du Ballon d'Alsace au pied opposé du mont Tonnerre, la chaîne des Vosges, « montagnes charmantes, montagnes aimées de tous ceux qui les ont visitées. On y trouve sur une moindre échelle, avec moins de fatigues et de dangers, tout ce qu'on va chercher en Suisse : les verts pâturages, les sombres forêts, les eaux limpides, les torrents sauvages, les cascades écumantes, les lacs tranquilles, les populations intelligentes, patriotiques, braves, honnêtes et hospitalières (2). » Jeunes touristes, allez visiter la chaîne des Vosges ; si les Alpes vous réclament, traversez-la du moins par Gérardmer. Allez admirer ses trois lacs et le col de la Schlucht ; de là vous monterez au Honeck, puis, suivant les sommets jusqu'au Rothenbach, vous descendrez vers Mulhouse par la charmante vallée de Saint-Amarin.

Le Plateau Central est peu connu et peu visité des touristes. Cette île granitoïde au sein d'un terrain calcaire est cependant intéressante à plus d'un titre. Sa forme est presque circulaire ; son plus grand diamètre mesure environ 300 kilomètres ; sa hauteur moyenne atteint 750 m. L'Auvergne, le Velay et le Vivarais, avec leurs volcans éteints, leurs cratères et leurs coulées de laves, la couronnent ; dans ses flancs et à ses pieds sont situés les grands dépôts houillers de Saint-Étienne, d'Alais, d'Aubin, du Commentry, du Creuzot, etc. Bien des régions pittoresques nous arrêteraient au Plateau Central, si nous n'avions à jouir des spectacles plus grandioses qui nous attendent dans les Pyrénées et les Alpes.

Saluons à la hâte les sommets du Jura, d'où l'on embrasse si bien l'ensemble du soulèvement Alpin, et remarquons la disposition de cette chaîne de montagnes ; elle est des plus intéressantes et des plus instructives au point de vue géologique. Nous avons là un exemple classique de ce que les géologues appellent *un plissement de terrains*. « Il semble, en effet, que les couches du terrain jurassique, d'abord horizontales, se soient plissées et contournées sous une forte pression agissant à l'est et à l'ouest, de manière à produire ces chaînes et ces vallées parallèles, dans lesquelles la crête des chaînes présente le sommet des courbes formées par le terrain plissé, tandis que le fond des vallées en offre la concavité (3). »

(1) P. 85.
(2) P. 95.
(3) Dussieux, *Géographie générale*. — Cité par l'auteur, p. 105.

« Nous voici arrivés aux Pyrénées, la chaîne la plus gigantesque en Europe, après les Alpes et le Caucase, simple et presque rectiligne comme cette dernière, véritable type des chaînes de montagnes (1). » On peut, avec quelques restrictions, admettre la comparaison de M. Élisée Reclus qui voit, dans les ramifications des Pyrénées, « une branche d'arbre, ou mieux encore, une feuille de fougère » qui « se divise et se subdivise, à droite et à gauche, en petits rameaux, en feuilles et en folioles (2) ; » mais ne perdez pas de vue que cette feuille a 450 kilomètres de longueur sur 100 de largeur et une superficie d'environ 33 000 kilomètres carrés (3). La chaîne des Pyrénées va en exhaussant ses pics en s'avançant vers l'est; à 170 kilomètres de l'Atlantique le pic du Midi d'Ossau dépasse la limite des neiges éternelles ; nous trouvons là les caractères des chaînes alpestres. Est-ce à dire que les beautés des Pyrénées soient comparables à celles des Alpes ? Ne touchons pas à cette question ; il y a des beautés que l'on ne compare pas et les beautés de la nature sont de celles-là. Allez visiter les Pyrénées mais ne vous dispensez pas de voir les Alpes, « ce pêle-mêle de gigantesques massifs séparés, dominés par des groupes de cimes neigeuses, et se joignant par des rameaux qui s'entrecroisent dans tous les sens. » Vous y trouverez réunies toute la variété et toute la magnificence des spectacles de la nature. Suivez le conseil de M. E. Rambert (4) : « Il faut vivre avec les Alpes. » Voyez-les du moins ; et si le hasard ou les affaires vous appellent un jour en Italie, ne perdez pas l'occasion de contempler les grandes Alpes. Si vous disposez de quelques jours et si le froid et la neige ne vous effrayent point, engagez-vous à pied dans un de ces magnifiques passages qui conduisent à Milan ou à Turin ; celui du Grand Saint-Bernard par exemple ; je vous le recommande tout spécialement, parce que, en vous permettant d'admirer la nature, il vous procurera la satisfaction de saluer en passant un des plus beaux monuments de la charité chrétienne.

M. Dupaigne, à la fin de ce chapitre, jette un coup d'œil sur le reste de l'Europe ; il signale à son lecteur les chaînes de montagnes, les massifs, les pics célèbres ou intéressants ; il le conduit ensuite aux montagnes lointaines les mieux connues aux noms desquelles il a soin de rattacher ceux des savants voyageurs qui les ont explorées.

Ce qui intéresse avant tout le visiteur des montagnes, c'est d'être renseigné sur leur hauteur. Mais d'abord avons-nous une idée bien nette de ce que l'on appelle ici hauteur ou altitude d'une montagne ? Ce n'est pas,

(1) P. 108.

(2) Joanne, *Itinéraire général de la France*, t. VI ; *Pyrénées*, introduction par Élisée Reclus. — Cité par l'auteur, p. 108.

(3) P. 108.

(4) *Alpes suisses*. — Cité par l'auteur, p. 136.

comme on pourrait le croire, la distance verticale de la cime au plan de la base ; ce plan a lui-même une certaine altitude, donc généralement cette distance verticale ne sera qu'une partie de la véritable hauteur dont il est ici question. Celle-ci est la distance verticale qui sépare le sommet de la montagne du niveau moyen des mers ; c'est-à-dire de cette surface idéale, mais précise et constante, qui est la moyenne entre toutes celles que les vagues, les vents et les marées font prendre à la mer. Cette surface de niveau moyen, prolongée à travers les continents, passe tantôt au-dessus tantôt au-dessous du sol, en sorte que l'altitude d'une montagne est la somme algébrique de l'altitude du plan de sa base et de la distance verticale de celui-ci au sommet. L'œil est un instrument bien trompeur dans l'appréciation des hauteurs ; nous possédons heureusement deux moyens de les mesurer indépendants des caprices de notre organe : l'un très exact mais souvent impraticable, ce sont les mesures trigonométriques ; l'autre sujet à l'erreur mais applicable à tous les points accessibles, c'est l'emploi du baromètre. Le baromètre le plus en vogue dans le monde excursioniste est le baromètre à siphon de Gay-Lussac, perfectionné par Bunsen ; les baromètres *anéroïdes*, plus commodes mais souvent paresseux et trop impressionnables aux variations de température, commencent aussi à être en faveur. Les hauteurs des principales montagnes d'Europe sont aujourd'hui connues ; M. Dupaigne les groupe dans un tableau des « hauteurs relatives des montagnes auprès de nos monuments et de nos collines. » On voit en parallèle la tour de Notre-Dame (66 m.) et l'Elbrouz (5630 m.). Quel contraste entre les ouvrages des hommes et les œuvres de Dieu !

Un mot caractérise la disposition générale des montagnes, *le groupement* ; de là les expressions de *massifs* et de *chaînes*. Seuls certains volcans dressent leurs cônes de débris au sein des plaines. Au contraire la forme des montagnes est aussi variée que les causes dont elle dépend, la nature des roches, leur disposition, le climat, la fréquence et l'intensité des pluies, des vents et des autres agents atmosphériques. Ici ce sont les sommets arrondis des montagnes granitiques, les *dômes*, les *ballons*, les *têtes* et les *mottes ;* là les *plateaux* et les *tours* des montagnes calcaires ; voici des *pics* formés de couches schisteuses presque verticales ou de roches éruptives fondues ; une pointe qui se dresse isolée, c'est la *dent* de Jaman ; une cime élancée et étroite, c'est la *pointe* de Sales ou l'*aiguille* du Géant. Laissons les points les plus bas, les *cols*, les *passes*, les *passages ;* ne nous arrêtons pas non plus à considérer les *vallées ;* leurs bois, leurs eaux et leurs champs ont tant de charmes, elles nous retiendraient trop longtemps. Hâtons-nous de laisser la poésie des montagnes et d'aborder la partie scientifique du livre de M. Dupaigne.

« De quoi sont faites les montagnes?» Comment répondre brièvement à cette vaste question ? Comment résumer en quelques lignes les cinquante

pages que l'auteur lui consacre? Je pourrais tout au plus dresser une table des matières; dire par exemple que l'on divise les matériaux les plus importants des montagnes en roches *plutoniques*, *neptuniennes*, *métamorphiques;* que la *silice* domine dans les roches éruptives soit à l'état pur et cristallisé (*quartz*), soit dans son composé le plus abondant ici, le *feldspath*, soit enfin dans les variétés de ce dernier, l'*orthose*, l'*albite*, etc.; que ces minéraux se combinent d'une manière très variée pour donner les roches *granitiques* avec leurs cristaux en masse compacte; les roches *porphyriques* avec leur *pâte* et leurs *noyaux;* les roches *volcaniques* avec leurs *pores* et leurs *bulles*. Et si nous abordons la question des roches neptuniennes que de choses à signaler sur les *actions mécaniques*, *chimiques* et *vitales* de l'eau qui, poursuivant lentement mais constamment son œuvre, a trituré, charié, décomposé, tassé les *argiles*, les *sables*, les *grès*, les *silex*, les *calcaires;* creusé et orné nos plus belles grottes. Et ces autres puissances, l'*action chimique des gaz et des liquides;* la *chaleur terrestre*, la *pression* qui ont métamorphosé l'*argile* en *schistes* et les *calcaires* en *marbres*. Et les *mines*, et les *filons*, et la *houille*..... Je m'arrête; je crains que cette liste de mots dépouillés des détails si intéressants dont les encadre M. Dupaigne, ne rebute le lecteur.

Signalons plutôt cette bonne remarque, qui ouvre un savant chapitre sur l'origine des montagnes. « Ne soyons pas trop ambitieux dans nos affirmations; ayons la modestie d'admettre qu'il reste quelque chose à faire pour nos petits-enfants, et contentons-nous d'appeler hypothèses les opinions qui ne sont pas mathématiquement ou expérimentalement démontrées » (1). Esquissons à grands traits les idées de l'auteur sur la naissance et la formation des montagnes.

C'est un fait bien établi que, dans les couches de la croûte terrestre explorées par l'homme, la température croît avec la profondeur suivant une loi plus ou moins régulière. Supposons que cette augmentation progressive de la température continue à travers les couches que l'expérience n'a pas atteintes, et nous arrivons à l'hypothèse du feu central dont les éruptions volcaniques seraient une preuve sensible. Cette hypothèse, jointe à la conception de Laplace sur la formation de notre système planétaire, présente à l'esprit une théorie cosmogonique satisfaisante. A l'origine la masse entière du soleil, de son cortège de planètes et de leurs satellites, remplit uniformément, à l'état de gaz extrêmement raréfié, l'immense espace qu'embrasse l'orbite de Neptune. L'attraction anime pour ainsi dire ces matériaux des mondes qu'emporte un mouvement général de rotation. Peu à peu la nébuleuse solaire se refroidit et se contracte; sa rotation s'accélère; elle se déprime aux pôles, s'aplatit en len-

(1) P. 250.

tille ; un bourrelet équatorial se détache, un anneau s'est formé autour de la masse centrale dont la concentration continue. Mais voici qu'une portion de l'anneau, moins dense que toutes les autres, a continué à s'amincir ; l'anneau se rompt et se condense en une seule masse tournant sur elle-même ; et la première planète commence sa première révolution. Ce jeu, la nature, toujours semblable à elle-même, le recommencera autour du soleil autant de fois que notre système contient de planètes, et autour de chaque planète autant de fois que chacune d'elles compte de satellites. Jetons les yeux sur la terre qui vient de naître. Sa surface est entièrement liquide : c'est une mer lumineuse de métaux en fusion. Les eaux de nos océans futurs, réduites en vapeurs et jointes aux autres substances volatiles, entourent notre globe et pèsent puissamment sur lui. Cette atmosphère prodigieuse et singulièrement compliquée est le siège d'ouragans, de tempêtes, de pluies de matières incandescentes. Bientôt, sur cette mer de feu, des scories se forment, se heurtent, se soudent, se soulèvent, se brisent et se ressoudent vingt fois. Enfin la croûte terrestre apparaît ; ici s'étendent des *plaines*, là se dressent des *montagnes ;* partout la surface de la planète s'est assombrie, la chaleur a diminué ; le règne de Pluton va cesser, celui de Neptune commence, mais quelles luttes l'inaugurent ! Des pluies chaudes attaquent chimiquement les roches, pénètrent dans l'épaisseur de la croûte formée, provoquent des soulèvements, des ruptures, des éruptions dont le nombre cependant et la violence vont en diminuant. Plus tard les boues en suspension dans les eaux s'étalent en couches épaisses qui resteront rarement horizontales ; les soulèvements du sol, survenus avant, pendant ou après leur formation, les brisent, les plissent, les disloquent ; de nouvelles pluies les rongent, les creusent, parfois même les détruisent et les emportent ; les continents oscillent, les mers se déplacent lentement ; et l'homme, pour sonder ces abîmes du passé et lire sur ces couches amoncelées comme sur les feuillets d'un livre, l'histoire de l'enfance du monde, créera une science nouvelle, la *Géologie*, « la plus séduisante, la plus inattendue et la plus aimée des sciences modernes » (1).

La géologie est donc la science qui a pour but d'écrire l'histoire de la formation et des transformations successives de la terre. Le moyen qu'elle emploie est l'examen méthodique des masses minérales des continents. Pour déterminer l'âge relatif d'un terrain, c'est-à-dire l'époque durant laquelle ce terrain s'est formé, la géologie part de deux principes. Le premier découle rigoureusement du mode de formation admis pour les couches ; le voici : Toute couche du sol non déplacée est postérieure aux couches sur lesquelles elle repose et antérieure à celles qui la recouvrent. Le second principe est un fait acquis par l'expérience ;

(1) P. 273.

il consiste en ce que les organismes fossiles renfermés dans un terrain donné correspondent généralement à l'âge géologique de ce terrain. La paléontologie est donc la compagne obligée de la géologie. M. Dupaigne ne les a pas séparées, et on lira avec intérêt et utilité les pages qu'il consacre à l'étude des différents terrains au point de vue de l'ordre suivant lequel la nature nous les présente et des fossiles qui les caractérisent. Il rencontre chemin faisant des questions brûlantes, l'origine des espèces, l'homme tertiaire ; il les touche en passant avec le tact et la prudence d'un vrai savant. Le voilà enfin en face de la bible ; il va la faire passer au creuset de la science positive, des vérités acquises et définitives, et le livre inspiré en sortira justifié pour la centième fois. Ce chapitre mérite une attention spéciale.

Les lecteurs de la *Revue* sont de ceux qui savent bien que la foi n'a rien à craindre des découvertes certaines et des progrès avérés de la science. Ils ont pu, ici même, s'en convaincre plus d'une fois, quand, par exemple, un de nos écrivains leur disait « Comment s'est formé l'univers. » Quelle franche liberté chez l'interprète catholique, et dans le livre sacré que de majestueuse grandeur ! Qu'ils se donnent le plaisir de lire M. Dupaigne et ils aboutiront, par d'autres voies, aux mêmes conclusions. L'auteur a tâché « de donner une idée du texte hébreu par une traduction *mot pour mot* de ce texte en latin (1). » Le latin est ensuite traduit et commenté en français. Signalons les passages qui nous ont spécialement frappé.

« *Et fuit vespera, et fuit mane, dies unus* (*unus* pour *primus*). Moïse mettra une véritable insistance à répéter six fois cette phrase, et ce choix de la pensée principale, qui revient comme un refrain, s'accorde bien avec l'opinion qu'il s'agit d'une comparaison, d'un exemple.

» Il y a d'ailleurs ici un effet d'étymologie intraduisible : le commencement du jour est appelé soir ; mais le mot hébreu veut dire en même temps confusion, mélange : la fin est appelée matin ; mais le mot hébreu signifie aussi première apparition, première naissance. Les Hébreux, on le sait, et la plupart des peuples anciens, comptaient la journée à partir du coucher du soleil, ... le soir est donc bien à sa place avant le matin.

» Nous pouvons donc interpréter ainsi, en tenant compte de l'espèce de jeu de mots que produit l'étymologie des deux termes traduits par soir et matin : « Voilà, après une confusion qui est comme un soir, une première naissance qui est comme un matin : c'est un premier acte de la création tout à fait comparable à un de nos jours de travail (2). »

(1) P. 331.
(2) P. 334.

Au second jour l'auteur rapproche fort heureusement des versets de la bible le chapitre XXVI (v. 7 et suiv.) du livre de Job.

Au troisième jour il attire l'attention sur le mot *species*. Cette « notion a là un honneur que n'ont pas d'autres points de l'histoire naturelle et qui nous montre son importance particulière (1). »

Le texte relatif au quatrième jour trouve une interprétation simple si l'on se rappelle qu'en hébreu le passé défini, l'imparfait et le plus-que-parfait sont exprimés de la même manière. Voici la traduction latine et le commentaire de l'auteur. « *Et dixit Deus : Luminaria sint in expansione cœlorum ad dividendum inter diem et inter noctem. Et sint in signa, et tempora, et dies, et annos ; et sint in luminaria in expansione cœlorum, ad illuminandum super terram. Et fuit ita.*

» *Et Deus* FECERAT (tout aussi bien que *fecit* puisqu'il n'y a qu'un temps au passé en hébreu) *duo luminaria magna : luminare majus ad dominium diei, et luminare minus ad dominium noctis, et stellas. Et* POSUERAT (et non *posuit ;* même observation) *ea Deus in expansione cœli, ad illuminandum super terram et ad dominandum in diem et in noctem, et ad dividendum inter lucem et inter tenebras. Et vidit Deus quod bonum. Et fuit vespera, et fuit mane, dies quartus.*

» Nous citons ce passage textuellement, malgré sa longueur; car c'est le point principal sur lequel nous voulons appeler l'attention. Le quatrième jour a toujours embarrassé les commentateurs, et donné en apparence beau jeu aux ennemis de la bible....

» L'explication que nous proposons, et que le lecteur a déjà certainement saisie, en lisant tout ce qui précède, répond à toutes les objections....

» Le soleil n'a pas été *créé* au quatrième jour ; il est seulement *apparu* pour la première fois à cette époque, le vêtement de nuages qui enveloppait jusque-là la terre s'étant aminci, puis déchiré pour la première fois. » Après avoir rapproché de ce texte plusieurs passages du livre de Job, l'auteur continue : « Le texte relatif au quatrième jour pourrait donc se traduire ainsi : « Alors, sur l'ordre de Dieu, furent directement visibles dans le ciel, à travers l'atmosphère éclaircie, les sources de lumière qui étaient la cause du jour et de la nuit. » (*Luminaria sint in expansione....*) Et quelles raisons donnera d'abord Moïse de cette apparition ?

» Ils sont là pour nous donner des moyens précis de mesurer les saisons, les jours et les années (*Et sint in signa...*). On sait quel rôle important avait l'observation des astres au point de vue religieux, pour la fixation des fêtes, la mesure légale du temps, etc. « Mais en même

(1) P. 336.

temps ces astres servent au ciel de flambeaux pour illuminer la terre » (*Et sint in luminaria....*). « Et il y en avait deux principaux, parmi ces luminaires que Dieu avait créés : le plus brillant présidait au jour; le moins brillant présidait à la nuit ; les autres étaient les étoiles. » (*Et Deus fecerat duo luminaria magna....*) Les étoiles importent peu aux besoins de l'homme ; elles sont citées en passant, sans insister.

» Et Dieu les avait posés, désormais visibles à travers l'atmosphère transparente, pour envoyer leur lumière sur la terre, pour être les objets les plus apparents dans le jour et dans la nuit, et pour déterminer la division du temps par l'observation de la lumière et des ténèbres. Et Dieu vit que c'était bien.

» Et il y avait eu une confusion ou soir, puis une première apparition ou matin : voilà bien le quatrième jour de travail du Créateur (1). »

Remarquons au cinquième jour les mots *cœtos magnos* qui conviennent si bien aux époques jurassiques et crétacées ; au sixième jour *jumentum* « la bête de somme, l'herbivore » ; *reptile* « la petite bête basse sur pattes, c'est-à-dire les autres mammifères » ; *feram* « la bête féroce. » Ce sont bien là les animaux caractéristiques des terrains tertiaires et quaternaires ; enfin l'homme, le roi de la création, venant à sa place et à son heure ; puis ce dernier regard de Dieu sur son œuvre ; puis encore ce repos mystérieux du divin ouvrier, sanctionnant le précepte du repos du septième jour et figurant la paix éternelle qui nous attend après les peines et les fatigues de cette vie. On conçoit qu'Ampère ait pu dire : « Ou Moïse avait dans les sciences une instruction aussi profonde que celle de notre siècle, ou il était inspiré. »

La narration du déluge n'infirme pas cette assertion. La question du déluge mosaïque, nos lecteurs ne l'ignorent pas, est une des plus complexes de celles où la foi catholique et la science sont en contact. Disons tout de suite que le déluge biblique est un des faits historiques les mieux appuyés, et dont la tradition la plus ancienne a conservé le souvenir chez tous les peuples. Disons aussi que la science n'a découvert et ne peut apporter aucun fait en contradiction avec le récit mosaïque. Quant aux faits positifs, établissant géologiquement que tel terme de la série des couches quaternaires représente exactement les relais des eaux diluviennes, attendons, pour nous prononcer, que la théorie des couches quaternaires soit plus avancée ; laissons passer les hypothèses gratuites et les affirmations d'un jour qui n'ont rien à voir avec le livre sacré. Attendons ; « ce n'est plus le texte de Moïse, ici, comme le dit très bien M. Dupaigne, qui manque de détails, c'est la géologie qui n'a encore sur ce sujet rien de précis ni de définitif. »

(1) P. 336 et suiv.

L'auteur, d'accord en cela avec d'autres interprètes catholiques, pense que les expressions de Moïse touchant l'universalité du déluge n'entraînent nécessairement qu'une universalité relative qui a pu « se borner à l'homme et aux animaux qui habitaient avec lui la terre cultivée. » Des considérations analogues s'appliquent aussi selon lui aux êtres vivants renfermés dans l'arche par l'ordre du Seigneur ; il s'agit là des « animaux qui habitaient les plaines fertiles où vivait Noé. » On lira avec beaucoup d'intérêt la discussion de M. Dupaigne sur tous ces points d'exégèse catholique. Fermons la bible, et revenons au spectacle de la nature.

Les volcans, leurs *cratères*, leurs *cônes* emboîtés, où des lits de *scories* et de *cendres* alternent avec des couches de *laves ;* le *tuf* que les eaux épandent dans la plaine et qui porte au loin la fertilité ; ces sourds gémissements, ces soudaines colères, ces éruptions terribles qui ébranlent le sol et obscurcissent le ciel sous un double voile de cendres et de vapeurs d'eau ; ces torrents de boue, ces fleuves de laves incandescentes qui s'avancent en dominateurs ; Pompéi, Herculanum... quels spectacles et quels souvenirs ! Et cependant nous aurions à redouter des catastrophes bien plus terribles encore si les volcans, « ces soupapes de sûreté, » comme les appelait de Humboldt, n'étaient là pour décharger les chaudières du globe. La définition des volcans admise aujourd'hui résume leur théorie : « Les volcans sont des communications plus ou moins permanentes entre l'intérieur et l'extérieur du globe, par où se produisent des éjections de vapeur, due à l'eau qui a pénétré jusqu'aux roches profondes en fusion sous la croûte terrestre, et qui les entraîne en s'en dégageant. » Les *fumerolles*, les *geysers*, les *salzes*, les *sources thermales* ne sont que des échos affaiblis des phénomènes volcaniques. Si vous jetez un coup d'œil sur la carte du globe vous reconnaîtrez bientôt que les volcans ne sont pas répartis au hasard sur la surface de notre planète ; « les deux tiers des volcans du monde peuvent être considérés comme formant une seule immense ligne, qui fait tout le tour du vaste Océan Pacifique, en suivant presque un grand cercle du globe. On peut grouper les autres sur des lignes transversales à celle-ci, et les y rattacher. Quelquefois on ne peut attacher à ces lignes ou plutôt à ces bandes qu'une importance mnémonique ; car, en réalité, elles sont des suites de groupes, séparés par des lacunes de plusieurs centaines de lieues (1). »

Les détails sur les principaux représentants du monde volcanique doivent se lire dans l'auteur lui-même ; nous passons avec lui à l'étude de « l'atmosphère et de ses météores. »

(1) P. 381.

Qui ne s'est senti revivre en respirant l'air pur des montagnes ? Les travaux de MM. Pasteur et Tyndall nous ont donné la clef de ce mystère : sur les hauteurs pas de miasmes, pas ou presque pas de poussières atmosphériques. La densité et la température de l'air dans les hautes régions ; leurs effets sur l'organisme et sur les courants atmosphériques ; les nuages, la pluie, l'orage, tous les météores de l'atmosphère sont tour à tour étudiés par l'auteur. L'eau aspirée par le soleil, versée à flots sur le versant des montagnes obéit à la pesanteur, descend dans la plaine en s'infiltrant dans les fissures du sol, distribue aux plantes leur nourriture, et retourne enfin à la mer, tantôt avec la précipitation d'un torrent boueux, tantôt avec la limpidité et la lenteur d'un ruisseau capricieux qui répand sur son passage la fraîcheur, la fécondité et, disons-le aussi, la poésie : nous n'en voulons d'autres preuves que les pages charmantes que les lacs et les cascades ont inspirées à M. Dupaigne. Mais hélas ! tout n'est pas léger bruissement et doux murmure dans la marche du ruisseau ; ce ver rongeur des montagnes semble avoir pris à tâche d'abattre ces colosses de granit et de les étendre dans la campagne. L'eau corrode, dissout, transporte les montagnes. Tantôt elle se glisse dans les fentes du rocher, appelle le froid à son secours, et, se faisant glace, elle met en pièces les parois de sa prison ; on la voit alors s'acharner sur ces fragments qu'elle fait rouler devant elle jusque dans la plaine d'où ils ne remonteront plus. Tantôt elle prépare dans le silence un *éboulement*, creuse des *ravins* et des *talus* qui permettront au prochain orage de précipiter dans la vallée des blocs gigantesques qui écrasent tout sur leur passage. L'eau à l'état solide, accumulée sur les sommets des hautes montagnes, a deux modes de descente ; l'un rapide, souvent imprévu, toujours désastreux, l'*avalanche ;* l'autre, lent et majestueux, le *glacier*. Le livre remarquable de M. Tyndall sur les glaciers a popularisé l'histoire de ces fleuves solides ; et bon nombre d'expériences, ingénieuses et précises, ont fixé la théorie de leur formation et de leur marche. On trouvera tout cela savamment et longuement développé dans l'ouvrage de M. Dupaigne. Bornons-nous aux faits principaux. Les neiges amoncelées en énorme quantité dans les anfractuosités et sur le sommet des hautes montagnes finissent par se tasser dans de vastes cirques, les *névés,* à la base desquels la pression des couches supérieures engendre, par regélation, les *glaciers*. Entraînés le long des flancs de la montagne, ceux-ci commencent une marche régulière à travers les vallées dont ils prennent la forme. « Le glacier avance toujours plus au milieu qu'aux bords, plus à la surface qu'au fond, plus quand il est épais que lorsqu'il est mince ; sa vitesse s'accroît proportionnellement à l'inclinaison du fond ; il a ses vagues, ses crues, son chenal ou ligne de plus grande vitesse, qui passe d'un côté à l'autre, quand la courbure

change, enfin ses rapides et ses cascades (1). » Il accélère sa marche en été, en hiver il la retarde; il se moule sur tous les obstacles qu'il surmonte. Cette quasi-viscosité des glaciers est une application en grand des lois du regel. Comprimez fortement des fragments de glace, de la neige par exemple; aux points de contact, partout où les fragments se pressent, le point de fusion devient inférieur à la température 0° ; la liquéfaction s'opère donc, mais en absorbant du calorique qu'elle enlève à l'air atmosphérique qui s'est logé dans les insterstices voisins. L'eau qui vient de se former se répand dans ces interstices et, y trouvant une température surbaissée et une moindre pression, elle repasse à l'état solide, soudant entre eux les fragments de glace voisins. Le glacier joue un rôle important dans la démolition des montagnes. Il transporte au loin et sème sur sa route les débris des roches qu'il traverse ; souvent même les blocs de granit, dont il est chargé, polissent et sillonnent les parois plus tendres des montagnes qu'il rencontre. C'est en lisant l'histoire du passé gravée sur ces pages de pierre que les géologues ont déterminé l'existence préhistorique d'immenses glaciers dont les nappes mouvantes recouvraient une grande partie de l'Europe actuelle.

Il nous resterait bien des choses intéressantes à extraire du dernier chapitre où M. Dupaigne étudie l'influence des montagnes sur la vie végétale et la vie animale. Dans la montagne « la vie n'est possible que pour tout ce qui est robuste, patient, vivace ; tout ce qui est faible, imprudent, délicat doit disparaître (2)». De là ces rudes et sauvages beautés dans la faune et la flore des hauteurs. Et les montagnards, comme M. Dupaigne sait nous faire aimer leur bravoure honnête et leur mâle vertu !

Ce livre sera lu parce qu'il est marqué au coin de la foi, de la science et de la bonne littérature. C'est un bon et beau livre qui, à toutes les qualités du fond, joint toutes les richesses de la forme ; nul ne se repentira de l'avoir pris pour guide dans ses voyages aux pays des montagnes. Au reste son passé de deux éditions, rapidement épuisées, répond de son brillant avenir.

J. Thirion. S. J.

(1) P. 500.
(2) P. 530.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE

—

De l'influence des variations de la pression atmosphérique sur l'évolution organique (1). — Un grand nombre de savants admettent que le poids spécifique de l'atmosphère aux époques géologiques était supérieur à ce qu'il est aujourd'hui. M. Oswald Heer a conclu, de l'étude de la flore miocène, que la température moyenne de l'Europe centrale était alors supérieure de 9 degrés à la température actuelle. M. Jourdanet a cherché à expliquer ce phénomène en démontrant que la température de l'air augmente proportionnellement avec son état de compression et que l'élévation de la température moyenne de l'Europe éocène a pu résulter d'une plus grande compression de l'atmosphère. D'après ses calculs la pression barométrique de l'époque tertiaire devait être de 84 centimètres au lieu de 76 qui est la moyenne d'aujourd'hui. Sans attacher une valeur absolue à ce résultat, M. Bordier a cherché si les faits paléontologiques et si l'étude du développement physiologique des êtres justifiaient l'hypothèse d'une presssion atmosphérique supérieure à la nôtre dans les temps géologiques.

(1) *Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 2e série, t. Ier, 3e et 4e fascicules, 1878.

« Si nous rencontrons, dit-il, à ces époques, un type de fonctions ou d'être, à qui une forte pression semble avoir dû être avantageuse, et que ce type ait prédominé, nous serons en droit de supposer que ces époques ont été caractérisées par une forte pression.

» Si de même nous rencontrons un type de fonctions, d'organe ou d'être, à qui une compression supérieure à la nôtre semble désavantageuse et que ce type prédomine à l'époque actuelle ou aux époques voisines de nous, il nous sera permis de conclure à cette autre hypothèse : que la pression atmosphérique a baissé à l'époque actuelle ou aux époques voisines de la nôtre. »

L'étude des effets de l'air comprimé artificiellement sur différents organes ou différentes fonctions permet de formuler quelques conclusions répondant à ces questions.

Dans un appareil à air comprimé ou dans une cloche à plongeur, l'organe de l'ouïe subit tout d'abord une impression désagréable, qui a pour cause l'inégalité de la pression de chaque côté de la membrane du tympan. Dans ces conditions la finesse de l'ouïe est d'autant plus grande que le milieu est plus dense, c'est-à-dire plus comprimé. En d'autres termes, avec une atmosphère plus dense la fonction de l'audition exige un appareil moins compliqué, moins sensible. Or dans la série animale, on trouve d'abord chez les mollusques de l'époque silurienne, puis chez les poissons qui prennent à l'époque dévonienne une importance considérable, l'oreille réduite à sa plus simple expression. Chez ces derniers c'est une sorte de sac rempli de liquide, au milieu duquel nagent de petites concrétions calcaires. Un nerf spécial vient se ramifier sur ses parois.

Chez les reptiles l'organe se complique un peu ; mais sa partie externe, la *conque*, n'apparaît que beaucoup plus tard avec les mammifères, comme si, le milieu devenant moins dense, l'organe avait besoin de condenser, de renforcer les vibrations.

Le développement de la *phonation* se produit dans le même sens. Sous les hautes pressions artificielles on éprouve une véritable gêne à articuler des sons. Les animaux des premières époques géologiques, mollusques, poissons ou reptiles, sont à peu près privés de la voix. C'est avec les animaux de la période jurassique, oiseaux et mammifères, que se développent les organes de la voix. La phonation devient possible en même temps que la faculté du transport aérien.

Avec les hautes pressions quelques individus perdent le goût et l'odorat. Ce sont des sensations d'un ordre délicat qui semblent ne se produire que sous de légères excitations. Il est permis de croire qu'elles sont plus développées dans les animaux supérieurs, c'est-à-dire chez les derniers venus de la grande famille des êtres.

La respiration est étroitement liée à la pression atmosphérique. Si la

pression dépasse certaines limites, les muscles inspirateurs se trouvant à un moment donné impuissants à soulever la paroi thoracique, la fonction est suspendue.

Or la respiration pulmonaire n'apparaît qu'assez tard dans les temps géologiques. Elle commence avec les reptiles à l'époque houillère.

Sous l'influence d'une plus forte pression, le sang veineux s'imprégnant davantage d'oxygène s'artérialise. Le Dr Bucquoy, pratiquant des saignées aux ouvriers du fort de Kehl, qui travaillaient dans l'air comprimé, remarqua que le sang sortait à l'état *rutilant*.

Partant de ce fait, M. Bordier fait observer, avec raison, quels avantages devait donner jadis aux reptiles de l'époque houillère ou triasique, une pression atmosphérique supérieure à la nôtre. Chez les reptiles en effet la circulation est constituée de telle façon que l'aorte ne distribue aux organes qu'un mélange de sang veineux et de sang artériel. Chez les grands sauriens le mélange du sang artériel et du sang veineux ne se fait qu'après que la tête a reçu le sang artériel. On peut supposer qu'aux premiers temps du monde, à la faveur d'une pression plus grande, ces animaux devaient avoir une énergie qu'ils n'ont plus.

Enfin la pression augmente la puissance musculaire mesurée au dynamomètre, en augmentant l'intensité vitale ; et l'on peut se demander avec M. Bordier, si l'excès de la pression n'a pas favorisé jadis le développement de ces animaux énormes que nous retrouvons à l état fossile.

Les observations faites sur les végétaux conduisent au même résultat. D'après les expériences de M. P. Bert, les végétaux résistent plus longtemps que les animaux aux grandes pressions ; et, parmi les végétaux les plus résistants, il faut placer ceux de la flore primitive.

En un mot, les faits donnent raison à la thèse de M. Bordier, à savoir qu'il y a une relation étroite entre la pression atmosphérique et le développement organique à la surface du globe.

C'est aussi la conclusion à laquelle est arrivé M. P. Bert, dans un livre récent sur la *Pression atmosphérique*.

« Si, pour les animaux aériens, dit-il, comme pour les animaux aquatiques, nous considérons non plus l'époque actuelle, mais les âges géologiques, tout nous donne à penser que la pression barométrique a dû jouer un rôle important dans l'apparition et dans la modification de la vie à la surface du globe. Aux premiers âges de notre planète, en effet, la tension de l'oxygène devait être beaucoup plus forte qu'aujourd'hui, pour deux raisons : l'atmosphère était plus haute et sa richesse plus oxygénée, plus forte, les roches n'étant point encore refroidies et oxydées sur une aussi grande épaisseur. Les époques qui nous suivront verront sans doute l'air rentrer de plus en plus dans les profondeurs du sol et l'oxygène diminuer en proportion croissante. Ainsi est-il permis d'imaginer qu'il y a eu un temps où les êtres actuels n'auraient pu vivre sur

le sol, à cause de la trop grande tension de l'oxygène, et qu'un temps viendra où ils ne pourront plus vivre à cause de sa trop faible tension. »

Jusque-là nous ne faisons pas d'objection, mais nous ne pouvons pas accepter les dernières conséquences tirées par M. P. Bert de ses expériences, quand il dit, en parlant des *vibrionniens :* « Vraisemblablement c'est par eux que la vie a apparu, c'est par eux qu'elle finira à la surface de notre planète. »

La vie est un magnifique développement en série qui ne rétrograde jamais. Il n'est ni philosophique, ni conforme aux faits d'admettre qu'elle finira comme elle a commencé.

Si avec la diminution de pression les organes de respiration et de nutrition sont allés en s'affaiblissant, si les formes matérielles se sont amoindries, les facultés sensorielles ont au contraire gagné en sensibilité, en finesse. Il semble en un mot que la vie, au lieu de faire retour aux organismes inférieurs, s'achemine, comme paraît le penser M. Bordier, vers des formes plus *éthérées*. C'est le secret du Créateur.

Revenons sur un terrain d'expérimentation pratique. M. P. Bert, offrant son livre à la Société d'anthropologie de Paris, a appelé son attention sur un fait particulier qui mérite d'être étudié par les voyageurs et d'être expliqué (1). Lorsqu'un Européen arrive sur les hauts plateaux, à La Paz, par exemple, il est atteint d'essoufflement, de palpitations ; il perd ses forces et ne peut plus ni courir ni marcher, tandis que les Indiens acclimatés depuis plusieurs générations ne paraissent subir aucune impression gênante de la haute altitude.

Cependant, au bout de quelques mois le nouveau venu reprend ses fonctions normales. Il s'acclimate. Pourquoi était-il malade au début de son séjour ? M. Bert le démontre. A cette grande hauteur il n'y a plus dans le sang une quantité d'oxygène suffisante pour faire face aux dépenses de son organisme.

Pourquoi redevient-il ensuite bien portant ? « Ce peut être, dit M. Bert, parce que la composition de son sang étant modifiée, il s'y peut absorber plus d'oxygène. Ce peut être encore parce qu'il a fait des économies sur les dépenses de son organisme, dépenses primitivement exagérées. »

Ces hypothèses peuvent être jugées expérimentalement, soit en recueillant du sang d'un animal ou d'un homme vivant dans ces hauts lieux et en déterminant la quantité d'oxygène qu'il est capable d'absorber ; soit en faisant une provision d'air expiré et en examinant dans quelle proportion s'y trouve l'acide carbonique. Si cette proportion est normale c'est que l'intensité des dépenses organiques n'a pas changé.

(1) *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris ;* t. Ier, 3e série; 1er fascicule 1878.

Instructions pour l'île de Madagascar (1).—Sur la demande d'un voyageur, la Société d'anthropologie de Paris a publié dans ses *Mémoires* un intéresssant rapport de M. Bordier, où se trouvent résumées nos connaissances sur cette île encore si peu explorée et si curieuse à tant d'égards.

Connue peut-être des anciens, visitée, paraît-il, par les Arabes, l'île de Madagascar ne fut réellement découverte par les Européens qu'en l'année 1506. Le portugais Fernando Suarez y pénétra le premier. Les Anglais, les Hollandais, les Français y vinrent ensuite, mais n'y eurent jamais qu'une influence éphémère. A l'heure qu'il est, l'accès en est très difficile aux Européens.

Le sol de l'île est formé presque entièrement par les terrains primitifs. Très fertile sur la côte orientale, elle est aride et peu habitée partout ailleurs. L'hiver et l'été s'y succèdent sans transition. Les pluies y sont abondantes et les orages fréquents pendant la mauvaise saison qui est l'été, d'octobre à avril.

La faune et la flore y ont une physionomie à part. C'est le pays des lémuriens, intermédiaires entre les singes et les cheiroptères. C'est là que vivait autrefois l'épiornis, cet oiseau gigantesque, dont les œufs étaient deux fois plus gros que ceux de l'autruche. On y trouve des cycadées et des casuarinées de grande taille ; le ravenala, qui tient du palmier et du bananier ; et le célèbre tanghinia.

Malgré certains caractères originaux, les productions de Madagascar ont une affinité incontestable avec celles de l'Australie, de la Malaisie et de l'Asie même.

On a supposé, pour expliquer ces analogies, que Madagascar pouvait être le dernier témoin d'un vaste continent submergé, d'une Atlantide de la mer des Indes. C'est une hypothèse que des sondages pourront permettre un jour de vérifier. Quoi qu'il en soit, cette grande île est reliée aujourd'hui à la côte d'Arabie, de Malabar, au golfe du Bengale, aux îles de la Sonde et à l'Australie, par de grands courants qui convergent vers la pointe septentrionale de l'île. D'après M. Bordier, l'ethnologie actuelle de Madagascar serait le produit de l'action des courants.

La population de l'île semble résulter, dit-il, du mélange de toutes les épaves humaines amenées d'Afrique, d'Arabie, de l'Inde, de la Malaisie et peut-être de l'Australie. Elle forme un groupe très complexe dont les voyageurs devront s'appliquer à déterminer les éléments divers.

D'après Flacourt, il y avait au XVIIe siècle des blancs et des noirs dans la province d'Anossi. Mais il avait entendu parler d'une population plus ancienne, d'hommes à la peau rougeâtre, aux yeux petits, à la

(1) *Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris ;* 2e série, t. 1er ; 3e et 4e fascicules, p. 470.

face large, au nez camus, aux lèvres grosses, aux cheveux frisés et courts, sans barbe, qui paraissent représenter la race autochtone. Flacourt parle aussi de pygmées dont on lui avait montré la sépulture. Ces tombeaux, consistant en pierres levées, existent encore aux environs de Fort-Dauphin.

Commerson, confirmant le récit de Flacourt, raconte avoir vu lui-même à Madagascar, des nains, désignés sous le nom de K'mos.

Les poètes et les historiens de l'antiquité ont beaucoup parlé des pygmées. Après avoir traité leurs récits de fables, on est obligé de reconnaître, d'après le témoignage des voyageurs modernes, qu'il existe réellement une race d'hommes très petite, de véritables pygmées depuis le Haut-Nil jusqu'à l'Afrique australe et à Madagascar. Entre tous, les Akkas, dont la taille ne dépasse pas 1 m.20, sont devenus célèbres. On peut même se demander, avec M. Bordier, si le combat légendaire des Péchiniens-Pygmées contre les grues, ne serait pas la lutte, plus vraisemblable, des petits hommes de Madagascar et peut-être de l'Afrique contre l'épiornis.

Parmi les éléments si nombreux qui entrent dans la composition de la population malgache, il faut citer encore l'élément arabe, l'élément cafre et l'élément malais. La Chine et l'Inde lui ont fourni leur contingent. Enfin certaines peuplades de la baie d'Antongil et de Sainte-Marie, paraissent descendre de colonies juives dont il est question dans la relation de Flacourt. L'élément malais, qui tend actuellement à étendre sa domination sur l'île aux dépens des noirs, est représenté par les Hovas. Ils occupent le premier rang par leur intelligence et leurs connaissances industrielles.

Si le centre de l'île est assez sain, le littoral et les petites îles voisines sont ravagés par les fièvres paludéennes et par la dyssenterie. L hématurie chyleuse, la lèpre, l'éléphantiasis et l'ulcère de mozambique y sont fréquents. Enfin les maladies des centres nerveux n'y sont pas rares, dit-on.

En résumé l'île de Madagascar est, comme on vient de le voir, au point de vue anthropologique, un terrain d'étude très neuf et très complexe, bien digne d'appeler l'attention des voyageurs.

Crânes aryens (1). — Il y a longtemps que la linguistique a groupé dans une même famille dite indo-européenne un certain nombre de langues auxquelles elle attribue une origine commune. On admet généralement que les peuples, par qui ces langues sont parlées, eurent pour berceau l'Asie centrale et qu'ils ont formé deux grands courants. L'un

(1) *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris;* t. Ier, 3e série ; 2e fascicule 1878.

de ces courants s'est répandu sur l'Occident ; c'est la famille aryenne. L'autre est représenté par le groupe iranien. L'archéologie, confirmant les données de la linguistique, a permis de reconnaître que la civilisation de la pierre polie n'avait pas succédé à celle de la pierre taillée, par suite du développement spontané des populations autochtones de l'Europe occidentale. L'industrie de la pierre polie paraît correspondre à de grandes émigrations venues d'Orient et à l'invasion de l'Occident par les populations aryennes. C'est là une hypothèse que les faits anthropologiques n'avaient pas encore permis de justifier. L'étude des races humaines de l'époque de la pierre polie et des temps qui suivirent nous révélait l'existence de deux types, l'un blond et dolichocéphale, l'autre brun et brachycéphale dont on suivait les traces depuis les rivages de l'Océan jusque dans l'Europe orientale : mais là on les perdait sans pouvoir affirmer que ces types étaient d'origine asiatique. Au groupe dolichocéphale appartenaient les Cimmériens d'Hippocrate et d'Hérodote, à qui on peut rattacher les Suèves, les Allemands, les Francs et les Belges. On les suit depuis le Caucase jusque sur les bords du Rhin et même au delà. Au type brachycéphale correspondent les Slaves d'Orient et les Celtes d'Occident, dont les représentants les plus purs à l'époque actuelle se trouveraient parmi les montagnards de l'Auvergne et de la Savoie. C'est du moins ce qui résulte des travaux de MM. Broca et Hovelacque.

M. le Dr Topinard a présenté récemment à la Société d'anthropologie de Paris trois crânes d'origine asiatique, très intéressants comme documents à l'appui des doctrines qui viennent d'être exposées.

L'un d'eux est un crâne Galtchar, rapporté par M. de Ujfalvy du Turkestan oriental. Il est très brachycéphale et reproduit exactement le type celtique savoyard. M. Topinard n'hésite pas à le considérer comme étant de même race, et il en tire la conclusion que le Savoyard est venu du Turkestan.

On peut objecter que le Galtchar n'est qu'une immigration des brachycéphales de l'ouest dans l'est. Cette opinion a été soutenue en effet. Mais outre qu'elle est contraire aux traditions et aux conclusions tirées de la linguistique, elle est réfutée par les faits archéologiques.

On peut dire aussi qu'avec un seul crâne il est difficile de rien conclure. Tout en reconnaissant ce que cette objection a de fondé en général, M. Topinard fait observer qu'ici la ressemblance est si remarquable et que de plus les crânes des autres races de la même région de l'Asie centrale sont si différents, qu'il reste prouvé qu'au point de vue crânien le Galtchar et le Savoyard sont de même race.

« Je tiens donc pour démontré, jusqu'à nouvel ordre, ajoute-t-il, que les brachycéphales du temps de la pierre polie qui, en se mélangeant avec les populations locales antérieures, ont donné naissance aux Bas-

Bretons, Auvergnats et Savoyards, ou mieux à leurs ancêtres, sont venus de l'Asie centrale. »

Les deux autres documents étudiés par M. Topinard, sont des crânes Parsis provenant de la tour du Silence à Calcutta. Ils sont sous-dolichocéphales. Rapprochant de ces crânes dix crânes brahmanes appartenant à M. Barnard Davis, très nettement dolichocéphales et trois crânes de Siaposh du Kaffiristan également brachycéphales, M. Topinard en tire la conclusion que dans la région de l'Asie centrale où se parlaient à l'origne les langues aryennes et d'où sont sortis les aryens qui ont conquis l'Inde, il existait primitivement un type dolichocéphale à côté du type brachycéphale dont il a été question plus haut.

« Ce seraient donc deux types anthropologiques opposés à admettre au berceau supposé des langues aryennes, proposition nouvelle fort inattendue. A laquelle de ces deux races faudrait-il attribuer la langue mère, et la bifurcation de celle-ci, que les linguistes admettent presque dès son origine, ne répondrait-elle pas précisément à ces deux races ? »

M. Topinard se borne à poser la question et à appeler sur ce point les investigations de la science.

Les pierres à écuelles (1). — Il y a longtemps que l'attention des archéologues s'est portée sur des monuments très répandus en Europe et ailleurs, et connus sous le nom de pierres à *écuelles* ou de pierres à *bassins*. M. Desor, le savant antiquaire suisse, leur a récemment consacré un intéressant travail où il résume les connaissances acquises à ce sujet. Il rappelle d'abord qu'en Suisse on désigne sous ce nom des blocs erratiques, généralement en roches dures, dans lesquels ont été creusées artificiellement de petites fossettes circulaires de diamètre et de profondeur variables. Le nombre des écuelles, creusées dans un même bloc, est très variable aussi. Parfois il n'y en a que deux ou trois ; parfois on en compte jusqu'à soixante. Il n'est pas rare qu'elles présentent un certain groupement régulier et on les trouve souvent associées à d'autres signes, par exemple, à des anneaux concentriques. En Angleterre, ces anneaux sont très fréquents sur les pierres à écuelles. Ils y sont accompagnés d'ornements plus ou moins compliqués. C'est principalement sur les monuments mégalithiques que ces observations ont été faites dans la Grande-Bretagne. Mais il existe en Écosse des écuelles gravées sur des parois de rocher. Les monuments de ce genre ne font pas défaut en Scandinavie, où ils sont connus sous le nom de pierres des Elfes. On les retrouve en France, sur les mégalithes de la Bretagne, dans les Pyrénées (M. Piette) et dans la région de l'est (M. Falsan). Ils sont dési-

(1) *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme ;* 2e série: t. IX, 6e livr. 1878.

gnés en Allemagne sous le nom de *Naepfchensteine*. Enfin les blocs à écuelles ne sont pas moins communs aux Indes qu'en Europe. On y a signalé des cercles concentriques analogues à ceux de la Grande-Bretagne et des parois de rochers couvertes d'écuelles, comme en Écosse. J'ai moi-même observé de nombreuses écuelles creusées dans les rochers qui avoisinent les grottes de Beth-Saour, près de Bethléem, d'où M. l'abbé Morétain a retiré tant d'objets en silex analogues à ceux de l'industrie néolithique d'Europe.

Partout ces pierres à écuelles sont l'objet de légendes ou de pratiques superstitieuses. On les attribue aux géants, aux Elfes, aux nains, c'est-à-dire à des auteurs inconnus, ce qui est une preuve en faveur de leur haute antiquité.

En Europe les écuelles se rencontrent principalement, comme on vient de le dire, sur les monuments mégalithiques dont une partie doit être attribuée à l'époque dite de la pierre polie. Leur extension depuis l'Inde jusqu'à l'Écosse a une signification qu'on ne saurait méconnaître. Elle confirme l'origine asiatique des races dites indo-européennes, révélée d'abord par la linguistique. Leur émigration se serait accomplie à l'époque de la pierre polie. Ce seraient les mêmes hommes qui auraient élevé les monuments mégalithiques les plus anciens, creusé les pierres à écuelles, introduit en Europe l'usage des hachettes polies, l'agriculture et les animaux domestiques. C'est à ces races qu'appartiendraient les crânes brachycéphales qui ont fait leur apparition en Europe avec la pierre polie et dont on suit les traces jusque dans l'Asie centrale. Il y a entre tous ces faits une corrélation remarquable.

A quoi pouvaient servir ces pierres à écuelles ?

Ici le champ est ouvert à toutes les hypothèses. Les uns y voient un simple produit de l'oisiveté des peuples primitifs. D'autres croient y reconnaître la figure de quelques constellations célestes. On a pensé qu'elles pouvaient être des marques de bornages ou de simples ornements. M. Desor suppose qu'elles avaient pour but de marquer d'un signe indélébile certains blocs destinés à perpétuer le souvenir d'un événement mémorable.

Si l'on observe cependant que dans un certain nombre de localités elles sont l'objet d'un culte superstitieux, et qu'on y frotte les écuelles de graisse et de saindoux, on pourrait admettre avec M. Mestorf qu'elles n'étaient pas sans relation avec les conceptions religieuses des populations primitives qui les ont creusées. M. Mestorf a donné de curieux renseignements sur la persistance de ces pratiques superstitieuses en Allemagne, jusqu'à nos jours. M. Friedel, directeur du Markisch Museum, à Berlin, a trouvé des écuelles gravées sur les murailles de vingt-sept églises en Prusse. A Greifswald, on se débarrassait de la fièvre en soufflant dans les cavités. Il est donc bien certain que toutes les pierres à

écuelles n'ont pas une égale antiquité. C'est un usage qui paraît s'être perpétué depuis les temps néolithiques, c'est-à-dire depuis l'époque des premières migrations aryennes.

La Société d'autopsie mutuelle (1). — La physiologie du cerveau est la chose du monde la plus obscure et la moins connue. On est très peu avancé dans la connaissance des rapports qu'il peut y avoir entre la conformation d'un cerveau et l'intelligence à laquelle il servait d'organe. Une des conditions de cette étude serait de bien connaître la vie, l'intelligence et le caractère des sujets dont on se propose d'examiner, par le procédé de l'autopsie, la substance cérébrale. Le cas se présente rarement. De ce desideratum est née l'idée d'une Société d'autopsie mutuelle, dont les membres sont appelés à se disséquer les uns les autres à mesure que des décès se produisent au sein de la Société. Cette triste opération est assurément difficile à concilier avec les sentiments d'amitié qui ont pu exister entre l'opérateur et l'opéré. Mais ces petites répugnances du cœur n'existent pas, paraît-il, pour les membres de la Société d'autopsie mutuelle, tous plus ou moins matérialistes et libres penseurs. Ils ont eu dernièrement l'occasion de rendre, conformément à leurs statuts, les derniers devoirs à un de leurs confrères, Louis Asseline. Le Dr Broca a opéré et le Dr Thulié a rendu compte de l'opération. D'après le rapporteur, Louis Asseline était républicain en politique et matérialiste en philosophie. Il avait fondé la *Revue encyclopédique*, arrêtée au premier numéro par la police ; la *Libre Pensée*, supprimée après six mois d'existence ; puis la *Pensée nouvelle* qui vécut deux ans. Il collabora au *Radical*, au *Peuple souverain*, au *Rappel*, et écrivit une étude (?) sur le Sacré-Cœur et Marie Alacoque, ainsi qu'une histoire d'Autriche. Voilà pour l'intelligence. Passons au cerveau. D'après le docteur Broca, « ce n'est pas un cerveau fin. Les circonvolutions en sont grosses et épaisses, presque grossières. » On y observe « la calotte, regardée comme un signe d'infériorité par Gratiolet. Chez les singes, en effet, la scissure pariéto-occipitale est profonde. Chez un gorille seulement M. Broca a observé cette scissure profonde d'un côté, mais superficielle de l'autre. Cette scissure est souvent profonde chez la femme, ainsi que chez quelques hommes d'une médiocrité intellectuelle constatée. Dans le cerveau d'Asseline, les plis de passage pariéto-occipitaux sont profonds, surtout à gauche. » Ici le rapporteur ne peut cacher sa surprise. Il affirme qu'Asseline était d'une intelligence on ne peut plus distinguée, et conclut que le prétendu signe d'inferiorité observé sur son cerveau, doit être remis à l'étude.

(1) *Bulletins de la Société d'anthrop. de Paris ;* mars-juillet 1878.

Peut-être nos lecteurs penseront-ils au contraire qu'entre l'intelligence d'Asseline et les indications fournies par son cerveau, la contradiction n'est pas aussi absolue que paraît le croire M. le docteur Thulié. C'est affaire d'appréciation.

Quoi qu'il en soit, cela nous rappelle une histoire racontée par M. Foissac dans l'*Union médicale*. Il avait présenté un crâne inhumé en 1845, à une Société qui s'occupait de phrénologie. On décida, après mûr examen, que cela devait être le crâne d'un criminel décapité. C'était le crâne de Bichat ! On le fit disparaître, et la Société jugea à propos de se dissoudre.

On était alors en 1845. Nous sommes en 1879 et la Société d'autopsie mutuelle n'est guère plus avancée, puisqu'elle est exposée à prendre le cerveau d'un matérialiste et d'un républicain pour le cerveau d'un imbécile.

A. Arcelin.

GÉOGRAPHIE.

Asie. — Les journaux russes annoncent un changement dans le cours de l'Oxus. Ce grand fleuve, qui traverse l'Asie centrale de l'est à l'ouest sur un espace considérable, va se jeter dans la mer d'Aral après avoir arrosé, dans son cours inférieur, le Khanat de Khiva. Cette principauté, sillonnée de canaux d'irrigation qu'alimentent les eaux du fleuve, est rendue extrêmement fertile et forme une véritable oasis au milieu des déserts arides qui l'enserrent de toutes parts. Toutefois l'histoire et la tradition ont établi que l'Oxus n'a pas toujours eu son embouchure dans la mer d'Aral ; on a même tout lieu de croire que ce n'était qu'un bras secondaire qui se jetait dans l'Aral, tandis que le lit principal se prolongeait à l'ouest jusqu'à la mer Caspienne dont il était, à une époque peu reculée, un des principaux affluents. C'est ce qu'affirment tous les géographes anciens et plusieurs auteurs arabes du moyen âge. De plus, il résulte des dernières explorations que le gouvernement russe fit faire, après la soumission de Khiva, dans la contrée qui s'étend entre la mer Caspienne et le lac Aral, que l'ancien lit de l'Oxus est encore parfaitement reconnaissable ; une carte de ces travaux se trouvait

à l'exposition géographique de Paris en 1875. Des digues, élevées par les Khiviens il y a quelques siècles, ont interrompu le cours du fleuve dans cette direction et l'ont rejeté vers l'Aral. Or ce sont précisément ces digues qui viennent d'être rompues ; de sorte que les eaux de l'Oxus coulent de nouveau aujourd'hui dans leur ancien lit, au moins sur une longueur de 200 verstes (213 kilomètres). C'est ce que nous apprend une dépêche du général Lomakine, commandant des forces russes dans cette partie de l'Asie centrale.

Cet événement peut avoir des conséquences très favorables à la politique de Saint-Pétersbourg ; surtout si le cours de l'Oxus est rétabli complètement jusqu'à son ancienne embouchure dans la mer Caspienne. Car en supposant même que le fleuve ne puisse être remonté, il donnera, le long de ses rives, une route bien arrosée et, par suite, bien pourvue de fourrages et de vivres, qui traversera la steppe turcomane et permettra de gagner désormais plus rapidement Khiva et l'Asie centrale.

Une autre nouvelle importante des dernières semaines nous apprend que l'expédition polaire suédoise du professeur Nordenskiöld est arrivée le 27 août à l'embouchure du Léna, après avoir doublé la pointe la plus septentrionale de l'Asie, le cap Tchelyouskin. D'après la dépêche télégraphique les voyageurs espéraient atteindre le détroit de Behring avant la fin de l'année.

Cette expédition a quitté les côtes septentrionales de la Norvège le 25 juillet dernier et a donc mis un peu plus d'un mois pour faire un voyage de 7500 kilomètres à travers une mer que l'on croyait impraticable aux grands navires ; on sait en effet que toutes les expéditions antérieures le long des côtes septentrionales de l'Asie ont eu lieu en barques à rames ou en petites chaloupes à voiles.

Parmi les problèmes géographiques que présentait jusqu'aujourd'hui l'Asie centrale, se trouvait la détermination de la position du *Lop noor* qui était loin d'être fixée. Ce lac que Marco-Polo nous fit connaître le premier, tombait hors du cadre de la carte de la Chine dressée par d'Anville d'après les documents que les jésuites lui avaient fournis ; mais sa distance connue de diverses villes indiquées sur cette carte, le firent placer vers 40° de lat. nord et 86° long. est de Paris. Les livres chinois et tibétains confirmèrent cette hypothèse. Toutefois, dans ces derniers temps, plusieurs savants émirent des doutes sur ces données. Yule, dans son beau travail sur Marco-Polo, crut pouvoir conjecturer, d'après les distances indiquées par le célèbre voyageur, que lo Lop noor devait se trouver plus à l'ouest. Robert Shaw, qui fut pendant deux ans ambassadeur à Kachgar, fut conduit au même résultat par les renseignements qu'il recueillit dans l'Asie centrale.

Mais aujourd'hui il paraît que le capitaine russe Prjevalsky a visité tout récemment le Lop noor et en a déterminé la position qui se trouverait être un peu plus orientale que celle qu'indiquaient les meilleures cartes. Nous donnons ici le tableau de ces différentes déterminations :

Kiepert (1864).	de 86° 15′ à 87° 10′	E. de Paris
État-major russe	de 85° 52′ à 86° 56′	id.
Petermann (Spruner N. 59. 1874).	de 85° 50′ à 86° 57′	id.
Prjevalsky (1877)	de 87° 10′ à 88° envir.	id.

Latitude 39° 30′. Robert Shaw avait cru devoir le placer vers 41° 30′ lat. N. et 83° 30′ long. E. (Greenwich), soit environ 81° E. de Paris. C'est à peu près comme si l'on plaçait le lac de Genève au milieu de la Normandie.

Ajoutons cependant qu'un doute s'est élevé au sujet de la détermination du capitaine russe. Le lac que M. Prjevalsky a visité le premier et que les riverains appellent Kara Kourtchin est-il bien le Lop noor de Marco-Polo ? M. de Richthofen, qui a étudié à fond la géographie physique de l'Asie centrale, n'a admis cette identification que sous toutes réserves ; il a même tâché d'établir, à l'aide des meilleures cartes chinoises, que le Lop doit se trouver beaucoup plus au N. E. et qu'il est entouré d'une ceinture de sept ou huit lacs moins importants qui autrefois formaient sans doute avec lui une seule mer intérieure.

Quoi qu'il en soit, ce n'est pas précisément la détermination de la position d'un petit lac qui rend si remarquable le dernier voyage du capitaine Prjevalsky, c'est encore et surtout les renseignements que cette exploration nous fournit sur le véritable relief de l'Asie centrale.

L'ouest et le sud de cet immense plateau avaient été reconnus par les Anglais, le nord et l'est par les Russes ; le centre ne l'avait pas encore été. Aussi tous les savants avaient cru jusqu'ici que le bassin du Tarym s'étendait du 42e au 36e degré de latitude et que le Lop noor en occupait environ le milieu, étant un peu plus rapproché des Montagnes Célestes (Tian Chan) que du Kwen Lun, chaîne de montagnes qui passait pour border la première terrasse du grand plateau du Tibet. Or M. Prjevalsky a trouvé que le Lop noor est situé au pied même de l'Altyn Tag, qui s'élève brusquement à un millier de mètres au-dessus du niveau du lac et forme le premier gradin du plateau central de l'Asie. Ce plateau a donc, à cette longitude, une largeur de près de treize degrés, environ la distance de Hambourg à Naples ; à 12 degrés plus à l'ouest, sous le méridien de Yarkand, il n'a plus que la moitié de cette largeur.

Afrique. — Lors de la fondation de la *Société allemande pour l'exploration de l'Afrique équatoriale,* en 1872, Petermann, considérant les grands avantages qui résultent aux Indes de l'emploi des éléphants, conseilla de se servir de ces animaux pour pénétrer dans le continent in-

connu. Sa proposition obtint peu de faveur et elle fut complètement repoussée à la suite d'une conférence faite, à la Société géographique de Berlin, par le Dr. Bastian.

Ce savant voyageur s'efforça de montrer que les éléphants ne pouvaient servir aux explorateurs. Les obstacles principaux que présentait ce projet étaient, à ses yeux, les frais énormes que nécessiterait leur déplacement ; la santé trop délicate de ces animaux qui pourraient difficilement s'acclimater dans ce nouveau milieu et supporter un changement de régime ; enfin la nécessité dans laquelle on se verrait probablement de traverser des steppes arides et des peuples sauvages, chasseurs d'éléphants.

Ces arguments donnèrent le coup de grâce à l'opinion préconisée par Petermann et elle semblait définitivement abandonnée lorsque, au commencement de cette année, elle fut reprise par M. von Koppenfels, qu'un séjour de six années dans l'Afrique occidentale a mis à même de connaître le pays. Il a calculé que l'acquisition et le transport de dix éléphants bien dressés reviendraient à 30 000 dollars, juste autant que 300 porteurs ; avec cette différence que ces derniers sont toujours difficiles à conduire et qu'ils désertent souvent en emportant quelquefois les marchandises qui leur sont confiées. La première objection était donc résolue.

Quant aux autres difficultés soulevées par M. Bastian l'expérience vient d'y répondre victorieusement. En effet le *Times* a publié dernièrement une lettre adressée à sir Samuel Baker et qui contient ce qui suit :

Il y a quelques années, le Khédive avait reçu en présent cinq éléphants de l'Inde qui dépérissaient au Caire dans l'oisiveté. Le colonel Gordon proposa de les envoyer dans la zone équatoriale avec un éléphant d'Afrique plus petit qui se trouvait dans les jardins de Gézireh. Quelques Indiens les conduisirent donc à Assouan, d'où M. Rosset les emmena à Khartoum, le long de la rive gauche du Nil, en passant par Halfa, Dongola, et les steppes sablonneuses du désert de Bahiouda. A Omm derman, un peu au-dessus du confluent des deux Nils, ils traversèrent le fleuve Blanc à la nage et arrivèrent à Khartoum. Ils y servirent pendant quelques mois à l'amusement de la population.

Le colonel Gordon, de passage en cette ville, chargea le Dalmate Marco, dont il avait appris à connaître l'énergie et les bonnes qualités aux bords de Sobat, de conduire les éléphants à Ladó.

L'expédition quitta Khartoum vers la mi-février et longea la rive orientale du Nil blanc jusqu'à ce qu'elle parvint vis-à-vis de Hellet Kaka qui se trouve sur la rive opposée. Là les éléphants traversèrent le fleuve en portant les hommes sur leur dos ; le passage se fit sans la moindre difficulté. De Hellet Kaka on se rendit à Fachoda où l'on s'arrêta pendant vingt-sept jours, les Indiens désirant retourner au nord.

Après que les soldats nègres eurent reçu les dernières instructions sur la manière de diriger les animaux confiés à leurs soins, l'expédition se remit en marche par le pays des Chillouks, sur la rive gauche du Nil, et arriva à l'embouchure du Sobat. On traversa de nouveau le fleuve à la nage un peu au-dessus du confluent. Alors commença le grand voyage par terre du Sobat à Bor, à travers une contrée que ni Européens ni Arabes n'avaient vue jusqu'ici. Il fallut trente et un jours de marche pénible pour atteindre Bor. On n'avait pris de vivres que pour vingt jours, car l'on comptait sur les indigènes que l'on devait rencontrer sur la route. Mais, à la vue de ces hommes montés sur des éléphants, toute la population prenait la fuite.

Les voyageurs eurent à traverser à la nage grand nombre de *Khors* et de lacs, et l'on arriva enfin à Bor où l'on trouva de nouvelles provisions. La caravane mit ensuite dix jours à faire la route de Bor à Ladó, où elle s'arrêta sur la rive droite ; peu après les éléphants furent envoyés à Dufli, où on les emploie maintenant au transport des fardeaux.

La distance de l'embouchure du Sobat à Ladó est de 500 kilomètres à vol d'oiseau, et celle de Ladó à Dufli, de 167 kilomètres.

On voit, par ces détails, que les craintes de M. le Dr Bastian n'étaient pas fondées et que, contrairement à ses assertions, l'éléphant des Indes peut très bien vivre en Afrique; qu'il n'a nullement besoin de la nourriture recherchée et abondante qu'on lui croit indispensable dans son pays, et que des cornacs indiens ne sont pas nécessaires pour le conduire.

La plus grande difficulté qu'éprouvent les explorateurs africains est de se procurer des porteurs, et quand ils les ont trouvés, de les empêcher de déserter; avec quinze ou vingt éléphants ils obvieront à tous ces inconvénients. Si la Société internationale s'était procuré un certain nombre de ces animaux pour son expédition et le service de ses stations, elle ne se serait pas vue sur le point d'échouer au début même de son entreprise, grâce à la désertion de ses porteurs ; de plus la dépense pour l'achat et le transport des éléphants n'aurait dû se faire qu'une seule fois, tandis que celle qu'occasionne l'engagement des porteurs devra se renouveler à chaque expédition.

Groupons maintenant les dernières nouvelles des expéditions africaines. M. Soleillet qui, comme on sait, est parti cette année pour se rendre de Saint-Louis du Sénégal en Algérie, en passant par Tombouctou, se trouvait, le 30 juillet dernier, à Dyalla dans le Sorma, à 112 kilomètres environ à l'est de Médine, dernier poste français dans l'intérieur. Les habitants se montrent très prévenants à l'égard du voyageur qui nie absolument l'infériorité native des nègres du Sénégal et du Soudan occidental ; il les a trouvés tout aussi intelligents que les blancs, pleins d'affec-

tion pour les enfants et de respect pour les vieillards. Il croit qu'avec de la bienveillance et du dévouement on pourrait, sans trop de peine, les faire entrer dans le courant de notre civilisation.

Le climat laisse beaucoup à désirer. M. Soleillet souffre de la fièvre; il a des maux de jambes, « mais, écrit-il, le moral est toujours bon et tant qu'on peut vouloir on peut toujours faire. »

MM. de Semellé et Burdo se trouvaient à l'embouchure du Niger le 20 juillet dernier ; ils consacraient, dit-on, leurs dernières ressources à faire construire un bateau, qui pût être démonté comme le *Lady Alice* de Stanley, et mettaient la dernière main à leurs préparatifs de voyage. On avait répandu le bruit de la mort de M. de Semellé, mais ce bruit ne s'est pas confirmé.

Le dernier *Bulletin de la Société de géographie de Lisbonne* donne des nouvelles des explorateurs portugais. Partis du Benguéla le 12 novembre 1877 ils sont arrivés au commencement de mars de cette année à Bihé, à 530 kilomètres de la côte.

Après y avoir recruté le nombre de porteurs nécessaires et complété leurs préparatifs de voyage, ils commenceront l'exploration de l'intérieur. Ils formeront deux expéditions indépendantes, l'une commandée par MM. Capello et Ivens, l'autre par M. Serpa Pinto. Ils espèrent par ce moyen doubler les chances de succès.

On lit dans le *Moniteur belge* du 8 décembre 1878 : « L'Association internationale africaine vient de recevoir le courrier de Zanzibar qui lui apporte la correspondance de ses voyageurs.

» MM. Wautier et Dutrieux avec 360 porteurs avaient quitté Mpwapwa le 15 octobre pour rejoindre M. Cambier. A la date du 27 octobre, ils se trouvaient à Mvoumi, dans l'Ougogo ; ils y avaient reçu une lettre de M. Cambier annonçant son arrivée à Kasisi, à deux journées de marche d'Ourambo. Ils ont fait route avec M. Broyon qui, accompagné de 350 hommes, transporte à Oudjidji des ravitaillements pour la mission anglaise. Il résulte de la lettre de M. Wautier que nos compatriotes étaient tous les trois en très bonne santé. »

Par suite de nous ne savons quel scrupule constitutionnel, l'Angleterre, tout en approuvant le but de l'Association internationale africaine, a refusé de s'y joindre et elle a fondé, pour son compte, un *African exploration fund*. Ce comité était parvenu à réunir 1932 l. st. 18 sh. (48 320 frs); mais, par suite des dépenses que l'on avait dû faire et du don de 250 l. st. 6 250 frs) envoyé à l'Association internationale de Bruxelles, cette somme s'était trouvée réduite, à la fin du mois de mars dernier, à 1404 l. st. (35 100 frs); somme insuffisante pour entreprendre quelque chose de sérieux. Heureusement la Société géographique de Londres lui a accordé un nouveau subside de 500 l. st., et aussitôt il a résolu d'organiser une expédition qui aura pour théâtre d'exploration le territoire inconnu qui

s'étend de l'extrémité nord du lac Nyassa aux environs de Zanzibar, et depuis la côte jusqu'à la pointe méridionale du Tanganyika. Elle sera commandée par M. Keith Johnston, et le géologue Thomson en fera partie. Les explorations ne commenceront qu'au printemps prochain, et l'on consacrera les mois d'hiver à prendre des renseignements et à faire de petites excursions pour s'acclimater.

M. l'abbé Debaize est parti pour l'intérieur avec une caravane très bien et très promptement organisée ; il est en bonne santé et plein d'énergie. Quatre cents nègres l'accompagnent ; il est le seul blanc et il espère par cela même exercer sur ses compagnons une plus grande autorité. Il se loue beaucoup de ses instruments. Le 19 août il se trouvait à Wimandisi, sur la rive droite du Wami, dans le pays Ousegouha, qui, d'après ses observations, se trouve à 6°12′50″ lat. S. et à 35°19′4″ long. E. de Paris.

Les RR. PP. des missions d'Alger étaient le 27 juillet à Mpwapwa, et malgré les grandes difficultés que leur ont suscitées les gens de leur caravane, ils se préparaient à continuer leur voyage les uns vers le Victoria Nyanza, les autres vers Oudjidji.

Des nouvelles plus récentes viennent de nous être communiquées par le *Bulletin de la Société géographique de Marseille*. Un arabe, du nom d'Addallah, arrivé avec sa caravane le 12 octobre à Bagamoyo, a campé avec les pères de la mission d'Alger et les a quittés à Djiwoué-la-Singa, à 12 ou 14 jours à l'est de l'Ounianyembé. Les pères n'étaient plus que huit ; l'un d'eux était mort en route et un second venait de succomber. Les huit autres, qui avaient été fort éprouvés jusque-là par les maladies, étaient bien portants actuellement. On leur a volé dans ces parages onze de leurs ballots dont un de fusils ; leurs soldats ont voulu faire la guerre aux voleurs qui étaient des Warougas de Nioungou, mais les pères les en ont empêchés. Ils ont demandé à Addallah s'ils pourraient trouver des marchandises dans l'Ounianyembé, car ils commençaient à en manquer. Ils n'ont pas remis de lettres à l'arabe. On peut donc encore croire à un rapport erroné de sa part. Les parents des missionnaires auraient tort de s'alarmer sur le simple récit d'un arabe. Il faut attendre des nouvelles de la mission même.

L'archevêque d'Alger ayant télégraphié à Zanzibar d'envoyer à ses missionnaires pour 50 000 frs de marchandises, ils seront ravitaillés et pourront continuer leur entreprise.

Deux ministres protestants de la *Church mission*, les Révérends Penro et Henry, allaient également partir pour l'intérieur le 18 août, l'un pour l'Ouganda et l'autre pour Oudjidji.

Les *Précis historiques* nous apprennent que le « R. P. Depelchin S. J. compte partir pour le cap de Bonne-Espérance vers la fin de décembre. Six prêtres avec quatre frères laïcs, au courant de divers métiers, for-

meront le personnel de cette première expédition : ce sont, outre le P. Depelchin, supérieur, le P. Croonenbergs, de Hasselt, le P. Blanca, de Maestricht, les PP. Fuchs et Teroerde, d'origine allemande et le P. Aug. Law, Écossais, ancien officier de la marine anglaise qui a déjà séjourné au Cap. Plusieurs jeunes lévites de l'École apostolique de Turnhout se préparent dès maintenant à les rejoindre.

» Les missionnaires du Haut-Zambèze, tout en se dévouant au salut des noirs, s'efforceront aussi de contribuer au progrès de la science. C'est pourquoi, tandis que le P. Aug. Law, qui a pris les devants, rassemble au Cap tout le matériel nécessaire à l'expédition, tandis que le P. Depelchin intéresse l'Angleterre à son entreprise, le P. Croonenberghs est allé s'initier auprès d'un savant voyageur, M. Ant. d'Abbadie, à tous les détails de la partie scientifique de la mission. On sait que M. d'Abbadie, membre de l'Institut de France, a passé douze ans en Éthiopie : il est l'inventeur de nouveaux procédés de triangulation (1); il connaît par expérience les meilleurs moyens de faire rapidement en Afrique des observations scientifiques exactes (2)... Le territoire assigné par la Propagande à la mission du R. P. Depelchin et de ses compagnons, s'étend du sud au nord, depuis le fleuve Limpopo, limite septentrionale de la colonie du Transvaal jusqu'aux sources du Zambèze et du Zaïre, aux environs du lac Bangwelo, c'est-à-dire depuis le 25e jusqu'au 10e parallèle sud ; de l'est à l'ouest il est compris entre 18° et 30° long. de Paris (3). » C'est une vaste région grande comme la Belgique, la Hollande, l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie et la Suisse réunies (4).

Amérique. — Le projet de percer l'isthme qui réunit les deux Amérique n'est pas nouveau, le roi des Pays-Bas Guillaume Ier y songeait déjà il y a une soixantaine d'années. L'achèvement du canal de Suez a remis ce projet en vogue et l'on a commencé à y penser sérieusement.

Une commission internationale a pris l'affaire en mains et a envoyé sur les lieux une commission scientifique chargée d'étudier le terrain et de déterminer l'endroit le plus favorable au percement de cette communication entre les deux océans.

A la tête de cette commission se trouvait M. L. N. B. Wyse, jeune officier de la marine française. A la suite de deux expéditions, consacrées à parcourir les forêts vierges de ces contrées, à relever les rivières et les cours d'eau, à mesurer les vallées et la hauteur des montagnes,

(1) Voir *Géodésie d'Éthiopie*, Paris, Gauthier-Villars, 1873.
(2) *Précis historiques*, décembre 1878, p. 730.
(3) *Ibid.*, p. 721.
(4) Le P. Depelchin est parti pour le Cap, le 3 janvier, de Southampton.

M. Wyse a publié un rapport extrêmement remarquable sur les travaux accomplis.

Il y discute le mérite relatif des différents tracés proposés, en écarte un grand nombre comme chimériques ou impraticables et finit par en désigner six qui auraient quelques chances de succès. Les voici dans l'ordre où ils se présentent en allant du sud au nord :

« 1° *Choco*. — Projet avec écluses et tunnel, du *commander* Selfridge, réétudié en détail par le lieutenant *commander* Collins, du golfe d'Uraba à la baie de Chiri-Chiri, *via* Atrato et Napipi.

» 2° *Darien méridional*. — Projet avec écluses et tunnel, de la Commission internationale, du golfe d'Uraba au golfe de San-Miguel, *via* Atrato, Caquiri et Tuyra, avec variantes.

» 3° *Darien méridional*. — Projet à niveau avec tunnel, de la Commission internationale, d'Acanti au golfe de San-Miguel, *via* Tiati, Tupisa et Chucunaque.

» 4° *Darien occidental*. — Projet à niveau avec tunnel, étudié par Mac Dougal, le *commander* Selfridge et la Commission internationale, de la baie de San-Blas à l'embouchure du Bayano, *via* Nercalegua et Mamoni.

» 5° *Panama*. — Projet avec écluses du *commander* Lull, de la baie de Colon à la baie de Panama, *via* Chagres.

» Projet à niveau avec tunnel, de la Commission internationale, de la baie de Colon à la baie de Panama, *via* Chagres et Rio-Grande, avec variantes.

» 6° *Nicaragua*. — Projet avec écluses, de Childs, réétudié en détail par le *commander* Lull, des environs de Greytown à Brito, *via* San-Juan et Rio-Grande, avec variantes.

» Quant au projet par l'isthme de Tehuantepec, savamment examiné par le *commander* Shufeldt, il est si notablement inférieur aux précédents, qu'il n'y a pas lieu, je crois, dit M. Wyse, de le prendre en considération, non plus que ceux par le bas Choco, successivement et soigneusement étudiées par Trautwine, Kennish et surtout Michler. »

M. Virlet d'Aoust, ingénieur des mines français, a proposé au Congrès de géographie commerciale de Paris, un nouveau projet de canal inter-océanique. Ce canal serait entièrement de niveau, sans écluses, sans terrasses et sans tunnels, et traverserait le lac de Nicaragua.

Ce lac dont l'altitude n'est que de 33 mètres (1), forme la plus grande dépression de l'Amérique centrale et semble tout indiqué pour le tracé du canal. M. Virlet croit qu'il sera facile d'approfondir suffisamment le lit du San-Juan, qui sert de déversoir au lac, et que les eaux

(1) Behm. (*Geogr. Jahrb.* 1866), dit 128 pieds anglais, soit 39 mètres. D'après le même auteur la plus grande profondeur serait de 300 pieds de roi (97 mèt.)

de celui-ci pourront, comme des écluses de chasse, servir à déblayer les débris détachés du fond. Du côté du Pacifique, le seuil qui sépare le lac de l'Océan est très étroit et fort peu élevé en plusieurs endroits, de plus le terrain serait extrêmement facile à percer, et là encore les eaux du lac pourraient aider les travailleurs. L'auteur du projet voudrait même dessécher le lac et en livrer les terres à la culture. Il semble oublier que, si dans nos climats tempérés de pareils travaux engendrent souvent des fièvres et des maladies, on aurait bien plus à craindre encore dans ces pays tropicaux dont les côtes sont continuellement dévorées par les fièvres malignes ; ce serait créer un foyer de *malaria* perpétuelle.

Pôle Nord. — On sait que les différentes expéditions envoyées à la découverte du pôle ont trouvé la mer tantôt ouverte et tantôt obstruée de glaces infranchissables. Si les navires étaient arrivés au moment favorable dans ces hautes latitudes, ils auraient pu peut-être atteindre le but tant désiré et planter leur drapeau national sur l'axe du globe.

Cette considération a engagé le capitaine Howgate, du service des signaux atmosphériques des États-Unis, à faire une nouvelle tentative par le détroit de Smith, en établissant préalablement une colonie d'hommes expérimentés par 81° 40' dans la baie de la *Découverte* (*Discovery Bay*), à l'endroit même où a hiverné en 1875–76, le navire anglais de ce nom ; un autre établissement serait formé au cap Joseph-Henri, à 90 milles plus au nord, et un fil électrique unirait les deux stations.

Comme préliminaire à la réalisation de son plan, le capitaine Howgate expédia, au mois de juillet 1877, dans la baie de Cumberland, le steamer *Florence* sous le commandement du capitaine Tysen, ce hardi marin qui s'est rendu célèbre par son voyage à la dérive, depuis l'extrémité de la mer de Baffin jusqu'au Labrador, sur un glaçon où se trouvaient avec lui seize naufragés de l'expédition de Hall, auxquels il sauva la vie.

Le capitaine Tysen avait pour mission de préparer les voies et de réunir les éléments nécessaires à l'expédition principale en engageant des guides esquimaux et en se procurant des chiens, des pelleteries et des traînaux qui devaient être livrés au mois d'août à Disco, île située dans le nord de la mer de Baffin.

Après quatorze mois d'absence la *Florence* vient de rentrer aux États-Unis, et son commandant a déjà donné d'intéressants détails sur son voyage. Le 2 août 1877, il entra dans la baie de Cumberland, engagea des Esquimaux et acheta des canots. Il se dirigea ensuite vers la baie de Annatook où il consacra l'hiver de 1877–78 et tout le printemps, à faire provision de peaux de phoques, de vêtements et d'ustensiles de toute sorte. A la fin de l'hivernage la *Florence* reprit la route de Disco et y jeta l'ancre le 31 juillet. Elle attendit en vain l'arrivée du capitaine Howgate qui

n'avait pu quitter le port de New-London pour aller rejoindre le capitaine Tysen. Celui-ci continua donc sa route, et, le 3 septembre, il était de retour dans la baie de Cumberland, pour débarquer vingt jours plus tard à Saint-Jean de Terre-Neuve, après un voyage des plus pénibles.

M. Sherman, chargé de la météorologie et de la photographie, et M. Kremlin, naturaliste, membre du Smithsonian Institute, sont revenus enchantés de leurs découvertes. Ils ont rapporté entre autres curiosités, du fer météorique, un énorme squelette de baleine et cinq espèces d'oiseaux inconnues jusqu'à ce jour.

M. J. Gordon Bennett du *New-York Herald* à qui ne paraît pas suffire la gloire d'avoir dévoilé l'intérieur de l'Afrique par les voyages de Stanley, veut encore attacher son nom à la découverte du pôle nord. Il a acquis la *Pandora*, célèbre par ses voyages dans les mers glaciales, et l'a baptisée Jeannette. Il la destine à un voyage au pôle ; elle se rend à San-Francisco, où elle sera équipée pour partir au printemps prochain par le détroit de Behring et la terre de Wrangel. En outre cet entreprenant journaliste, qui ne recule devant aucuns frais quand il s'agit de l'avancement des sciences, fait actuellement arranger et consolider son yacht de plaisance, *Dauntless*, et y fait installer une machine à vapeur ; il compte l'offrir aux États-Unis pour le voyage polaire qu'ils ont projeté par le Spitsberg (1). L. D.

PHYSIQUE.

Recherche de la profondeur à laquelle se transmet l'agitation produite à la surface de la mer (2). — M. de Benazé, ingénieur des constructions navales (3), a étudié récemment cette question déjà posée en 1871 au Congrès d'Anvers. On conçoit qu'elle intéresse également le navigateur, le géologue et le naturaliste.

Il est bien évident que le premier, sachant à quelle profondeur les

(1) Nous avons emprunté ces renseignements aux *Mittheilungen*, à l'*Exploration*, à l'*Izvestiya* de la Société géographique de Saint-Pétersbourg, et aux Bulletins de diverses autres Sociétés de géographie.

(2) *Congrès international des sciences géographiques*. Paris, 1879.

(3) Aujourd'hui membre de la Compagnie de Jésus et professeur à l'École Sainte-Geneviève, Paris.

mouvements issus de la surface s'étendent et se propagent, n'a plus à s'occuper du fond même de la mer, si celui-ci descend plus bas que cette limite extrême : qu'il soit vaseux ou rocheux, il ne produira aucune altération dans les ondes liquides déterminées par les mouvements de la surface.

Par contre, « si le haut-fond s'élève au-dessus de cette limite, sa réaction sur le mouvement ondulatoire naît ; elle s'accroît à mesure que la profondeur d'eau diminue ; puis il arrive un moment où certaines lames commencent à déferler en passant sur l'écueil ; enfin si le sommet de celui-ci vient à fleur d'eau, la moindre agitation de la surface donne lieu à des brisants. Le navigateur a intérêt à connaître quelles sont les lois qui régissent la formation de ces brisants qui sont toujours dangereux : et comme ces lois sont liées à la manière dont l'agitation décroît en raison de la profondeur, toute recherche dans cette dernière voie ne peut lui être indifférente. »

Le géologue saura que, au-dessous de cette limite, l'action des vagues sera nulle sur le fond de la mer et ne pourra par conséqueut l'altérer, ni par usure, ni par nivellement, ni par affouillement. Le naturaliste enfin sera renseigné sur les conditions d'existence des organismes qui ont leur habitat à ces profondeurs.

La solution du problème semble être toute d'observation et d'expérience.

C'est pourtant à la théorie que l'auteur s'adresse tout d'abord. Le motif en est fort simple : la théorie mécanique des mouvements des ondes liquides n'est plus à faire, elle est faite. Les lois qui en dérivent ont été trouvées il y a soixante-dix ans par Franz von Gerstner, développées par G. Airy, et vérifiées expérimentalement par les frères Weber en Allemagne, par Scott Russel et W. Walker en Angleterre. Nous ne pouvons pas entrer dans le détail de leur exposition, mais nous indiquerons la marche que l'on suit pour les établir.

On considère d'abord « une houle simple, permanente et cylindrique, se propageant dans un liquide indéfini en tous sens, incompressible, parfaitement fluide et de température constante. »

Évidemment nous sommes hors de la réalité, les eaux de nos mers ne sont ni indéfinies en tous sens, ni parfaitement fluides, ni de température constante. Mais il n'est pas de théorie où des hypothèses simplificatrices de ce genre ne soient introduites et, pour peu qu'on en ait l'habitude, on sait que leur influence sur le résultat final peut être corrigée, quand on ne peut la négliger totalement.

En réalité, dans le cas dont il s'agit, elle peut être négligée, puisque les conclusions de la théorie soumises à l'expérience se trouvent rigoureusement vérifiées. En voici quelques-unes qui semblent particulièrement remarquables.

Dans une houle ainsi définie : Chaque molécule du liquide décrit un cercle dont le plan est vertical.

Le rayon de ce cercle décroît à mesure que la profondeur de la molécule augmente.

La vitesse avec laquelle chaque molécule parcourt sa trajectoire circulaire est constante.

La vitesse avec laquelle l'ondulation se propage est déterminée par une formule très simple $\frac{g}{\pi}$T.

T étant la moitié du temps nécessaire à la molécule pour décrire sa rotation complète.

Enfin, le centre du cercle décrit par chaque molécule est plus élevé que la position de la molécule au repos d'une quantité déterminée, toujours proportionnelle au carré du rayon.

« On en déduit cette proposition remarquable que chaque molécule se meut avec la même vitesse qu'elle acquerrait en tombant de la hauteur dont le centre de sa trajectoire est élevé au-dessus de la position qu'elle occupait au repos.

» D'où il résulte encore que le travail qu'il faut dépenser pour former la houle se compose de deux termes égaux, savoir : un premier travail dû à l'élévation du centre de gravité du liquide, et un second travail dû à la création des forces vives. »

Pour les lames longues, ce travail est proportionnel à la densité du liquide, à la longueur d'onde et au carré de la hauteur de la lame.

Ajoutons que le mouvement ondulatoire imprimé à une molécule par la houle n'altère pas la pression qu'elle subissait au repos.

Parmi les conclusions théoriques que nous venons d'exposer, il en est une qui résout immédiatement le problème qu'étudiait M. de Benazé.

En effet, si le rayon du cercle décrit par la molécule décroît à mesure que la profondeur augmente, la loi de cette décroissance étant connue, rien n'est aisé comme de déterminer à quelle profondeur cesse l'agitation de la molécule.

Voici la formule qui représente analytiquement cette loi.

$$h = \frac{H}{e^{\frac{\pi}{L} z'}}$$

h y représente le rayon de la trajectoire circulaire de la molécule considérée,

H le rayon de la trajectoire d'une molécule prise à la surface libre de la mer,

e la base des logarithmes népériens,

L la demi-longueur d'onde de la vague comptée de crête en crête,

Enfin z' la profondeur du centre du cercle décrit par la molécule considérée.

Cette formule montre que la décroissance est extrêmement rapide, de telle sorte que, « à la profondeur de cinq cents mètres l'amplitude des mouvements causés par les plus violentes agitations observées à la surface des mers n'est plus que de deux à trois centimètres. »

De ce résultat il nous est permis de tirer des conclusions nouvelles. Ainsi. bien que la loi dont nous venons de parler ait été trouvée en partant de l'hypothèse d'une masse liquide infinie en tous sens, elle sera applicable à toute mer dont les profondeurs dépassent notablement 500 mètres. C'est le cas de l'Atlantique où, sous une grande partie de la surface, les sondages ont révélé des profondeurs de cinq à six mille mètres. On avait de même supposé le fluide totalement incompressible; mais, la houle ne modifiant pas les pressions de la molécule qu'elle sollicite, la loi restera applicable à une masse fluide compressible; à l'océan aérien, par exemple, dont les tempêtes préoccupent à tant de titres l'esprit des météorologistes.

L'auteur ne se borne pas à l'examen de ce cas particulier, le plus simple de tous ceux que puisse présenter ce problème. — Il traite le cas où la profondeur de la masse fluide est limitée, mais constante, — le cas où la surface qui la termine par le bas est inclinée, — le cas où les ondes rencontrent un obstacle vertical dépassant la hauteur de la surface libre du liquide; « elles se réfléchissent alors en conservant leurs dimensions ; la lame de retour se superpose à celle d'arrivée ; la hauteur maximum de la lame ainsi produite est égale au double de la hauteur de la lame d'arrivée; il se produit un clapotis. »

Tous ces résultats sont évidemment modifiés par l'action de la brise, et, malheureusement, la théorie est muette en cet endroit; il semble même que l'intervention du vent complique le problème au point de le rendre inabordable à l'analyse. C'est donc à l'observation qu'il faudra recourir et quel vaste champ elle ouvre aux recherches! « La brise rend la surface de la mer très irrégulière. Elle la fait moutonner, c'est-à-dire qu'elle brise la crête des lames; l'eau retombe en écume blanche sur la lame dont la hauteur s'abaisse par ce fait même. Chaque lame qui *brise* donne lieu au transport, dans la direction vers laquelle souffle le vent, d'une certaine quantité d'eau, d'où une cause de courant. La brise produit encore, par frottement, un certain entraînement qui se transmet de proche en proche, à une certaine profondeur, d'où une autre cause de courant. »

Tels sont les principaux effets de la brise, et c'est leur action perturbatrice sur les lois générales que nous avons citées plus haut dont l'observateur devra faire le sujet de ses recherches.

Après avoir calculé diverses séries d'observations M. de Bénazé conclut ainsi :

« Les deux points principaux que j'ai voulu mettre en lumière dans cette étude sont les suivants :

» En premier lieu : Il existe une théorie du mouvement ondulatoire des liquides qui est suffisamment approchée pour que l'on doive désormais la prendre pour guide dans les recherches et les observations à entreprendre sur les ondulations de la mer.

» En second lieu : La recherche de la profondeur à laquelle se transmet l'agitation de la surface est intimement liée à celle de cette agitation elle-même qui est, pour me servir d'une expression usuelle en mathématiques, la principale variable de la question.

» Il faut donc multiplier, autant que possible, les observations relatives à l'agitation produite par les vents à la surface de la mer. »

Inversion du magnétisme dans les barreaux aimantés soumis à des températures élevées (1). — M. Gaugain, en étudiant les variations que subit l'aimantation d'un barreau d'acier quand on fait varier sa température, a pu observer une série de faits très intéressants au point de vue des théories magnétiques.

Quand on aimante un barreau d'acier entre 400° et 500° et qu'on le laisse refroidir ainsi, son magnétisme change de signe. Si on chauffe à nouveau, il reprend son signe primitif. Ces interversions de magnétisme peuvent être reproduites plusieurs fois sur un même barreau, sans qu'il soit nécessaire de le réaimanter.

Si l'on glisse à l'intérieur d'un tube d'acier aimanté un noyau neutre du même métal, le noyau, on le sait, prend au bout d'un certain temps un magnétisme de même sens que celui du tube. Si alors on porte tout le système à 300°, on trouve, après refroidissement, que le tube a perdu une grande partie de son aimantation primitive, tandis que le noyau s'est aimanté en sens inverse.

Il ne faut pas d'ailleurs que le noyau soit préalablement à l'état neutre, il suffit qu'à l'origine, il y ait, entre son magnétisme et celui du tube dans lequel on l'engage une différence d'intensité suffisante.

Liquide destiné aux expériences de M. Plateau. — Il est assez dangereux de juger des autres d'après soi-même ; pourtant je ne crois pas me tromper en affirmant que presque tous les professeurs de physique ont été souvent tentés de reproduire dans leurs cours les belles expériences de M. Plateau sur l'équilibre des lames liquides, et que la

(1) *Journal de Physique* de d'Almeida, juin, 1878.

plupart d'entre eux ont éprouvé tout ce qu'il y a de fastidieux dans la préparation du liquide glycérique destiné à les réaliser.

Il y a quelques années, M. Gernez, dans le *Journal de physique* de d'Almeida, proposa pour le remplacer une série de trois collodions dont voici les formules :

I. Éther.	60	II. Éther	52	III. Éther	89
Alcool absolu	4	Alcool absolu	3	Alcool	5,5
Coton poudre	3	Coton poudre	2,5	Coton poudre	5,5
Huile de ricin	33	Huile de ricin	42,5	Huile de ricin,	70 à 100

M. Gernez avertissait d'ailleurs que la dernière formule était la préférable.

M. Terquem dans un mémoire *Sur l'emploi des lames planes liquides pour la démonstration expérimentale et la mesure de la tension superficielle*, mémoire pour lequel il a modifié la construction des charpentes de M. Plateau, — propose le liquide suivant : « Je prends habituellement, dit-il, pour 1 litre d'eau distillée, 15 grammes de savon de Marseille, parfaitement desséché et mis en poudre pour en faciliter la dissolution. Cette poudre est très hygrométrique et doit être conservée dans un flacon bien bouché. On fait dissoudre le savon à chaud, puis on laisse refroidir et reposer la dissolution au moins vingt-quatre heures, autant que possible à une température assez basse, 10° par exemple. On la verse ensuite sur un grand filtre et l'on recommence la filtration sur le même filtre jusqu'à ce que le liquide passe complètement clair et limpide, à peine légèrement opalescent. Souvent ce dernier se trouble de nouveau au bout de quelques jours, on le fait alors repasser sur le même filtre... — Dans la dissolution claire de savon ainsi obtenue, j'ajoute environ 30 grammes de sucre pour 100 centimètres cubes d'eau de savon. S'il y a trop peu de sucre le liquide s'écoule trop rapidement, et les lames sont de peu de durée ; si l'on en met trop, le liquide devient trop visqueux, et des lames liquides un peu grandes se forment difficilement et lentement... (1). » Comme le savon attaque assez énergiquement le cuivre, le zinc et le fer, et non l'étain ni l'argent, il est bon de verser le liquide dans des cuvettes de verre, de porcelaine ou de fer blanc, et de même d'étamer ou d'argenter les fils de laiton qui forment les arêtes des polyèdres employés.

D'un autre côté, M. S. Thompson conseille un moyen de donner aux lames liquides une permanence étonnante. M. Plateau avait déjà proposé dans ce but un mélange de 5 parties de résine et de 1 partie de gutta-percha, qui permettait de conserver pendant deux ans des figures cubiques de 0^m05 de côté.

(1) *Journal de Physique* de d'Almeida, octobre 1878.

M. Thompson s'est arrêté à un mélange de 46 parties de résine et de 54 de baume du Canada. On élève le mélange entre 80° et 100° de température, on y plonge la charpente, et on laisse refroidir lentement. La durée est presque illimitée et la résistance surprenante; c'est ainsi que des lames circulaires de 0m004 supportent aisément un poids de 50 grammes (1).

Métaux présents dans le spectre solaire. — MM. Kirchhoff, Angström et Thalén avaient signalé dans le spectre solaire la présence de 14 métaux dont voici les noms ; sodium, barium, hydrogène, fer, cuivre, manganèse, calcium, zinc, titane, magnésium, chrome, aluminium, nickel et cobalt. Dans un travail récent M. N. Lockyer signale comme certaine la présence du strontium, du plomb, du cadmium, du potassium, du cérium et de l'uranium, — et comme probable, celle du vanadium, du palladium, du molybdène, de l'indium, du lithium, du rubidium, du cæsium, du bismuth, de l'étain, du lanthane, du glucinium et de l'yttrium ou erbium.

En tout donc, 32 métaux dont la présence a été reconnue par l'examen du renversement de leur spectre. Le travail de M. Lockyer doit être consulté par tous les spectroscopistes ; il donne en tableau l'indication de la longueur d'onde correspondante à chacune des raies observées (2).

Sur la mesure de la vitesse du son. — M. Bichal a imaginé un dispositif fort simple qui permettra, même dans un cours, de mesurer la vitesse de propagation du son. Le voici dans ses éléments essentiels. Un tube d'étain ou de plomb, de 10 mètres au moins de longueur, est replié sur lui-même de manière à ce que ses deux extrémités soient ramenées au voisinage l'une de l'autre : toutes deux se raccordent à des capsules manométriques de M. Marey, dont les styles enregistreurs reposent, en regard l'un de l'autre, sur le tambour noirci de l'appareil. Un diapason inscrit ses vibrations entre les styles et marque le temps. Une vibration quelconque imprimée à la membrane de la capsule A sera instantanément enregistrée par le style correspondant, et se transmettra à travers le tube jusqu'à la capsule B dont le style l'enregistrera à son tour. Les vibrations du diapason inscrites entre le signal du départ et le signal de l'arrivée mesureront le temps nécessaire à la transmission.

Avec un tube de dix mètres et un diapason vibrant 100 fois à la

(1) *Philosophical magazine*, t. 5, p. 269, 1878.

(2) *Philosophical magazine*. Recent researches in solar chemistry. Septembre, 1878, p. 161.

seconde, on trouve que ce temps est de 3/100 de seconde, ce qui conduit à une vitesse de propagation de 333^{m} 3.

On peut évidemment remplir le tube d'un gaz quelconque ou d'un liquide quelconque et mesurer ainsi, approximativement, devant un auditoire d'élèves, les vitesses de propagation dans les différents milieux (1).

V. Van Tricht, S. J.

HYGIÈNE.

De l'altération des cours d'eau par les produits industriels et par les eaux d'égout. — Nous avons déjà parlé du choix de l'eau potable et nous nous sommes étendu à ce propos sur sa composition habituelle et certaines altérations qu'elle peut présenter. Il nous semble naturel de rattacher à cette question quelques-unes des considérations que le Dr Proust a récemment émises au Congrès d'hygiène de Paris (2). Nous aurons surtout en vue l'influence que les eaux d'égout et les produits industriels, mélangés aux cours d'eau, exercent sur la santé publique.

1° *Produits industriels.* — Les diverses branches de l'industrie ont une influence qui varie selon leur nature. Quelques-unes donnent naissance à des résidus éminemment toxiques : telles sont les usines où l'on travaille le plomb. L'eau des laveries venant se déverser dans un cours d'eau, lui communique la propriété d'engendrer les coliques de plomb ; on pourrait en citer de nombreux exemples. Elle n'est pas plus favorable aux poissons qu'à l'espèce humaine ; car ils en deviennent bien vite malades et en meurent.

Pour s'opposer à ces pernicieux effets, il ne suffirait pas de laisser longtemps reposer l'eau pour la débarrasser des matières plombiques insolubles. On en a fait l'expérience, l'eau n'en est pas moins nuisible, parce que le poison s'y trouve dissous. Il faudrait donc, au préalable,

(1) *Journal de Physique* de d'Almeida, octobre 1878.

(2) *De l'altération des cours d'eau : 1° par les produits industriels; 2° par les eaux d'égout.*

le rendre insoluble par le procédé que la chimie recommanderait comme le plus pratique.

L'eau arsenicale, qu'elle provienne d'une usine ou qu'elle se soit chargée d'arsenic dans le sol en traversant des minerais arsénifères, est aussi une eau toxique. Avant de la laisser se mêler à une eau potable, il faut la traiter par la chaux pour former un composé insoluble.

D'autres produits, sans être aussi funestes, sont néanmoins dangereux à des degrés divers : tels sont ceux que fournissent les fabriques de produits chimiques, les fabriques de couleurs, les raffineries de pétrole et d'huile minérale.

Viennent ensuite les eaux qui ont servi au rouissage. Tout le monde sait que cette opération consiste à dépouiller, par la fermentation dans l'eau, le chanvre ou le lin des matières gommeuses ou résineuses qu'ils contiennent. Mais l'eau du routoir, endroit du rouissage, peut être stagnante, ou elle peut être sans cesse renouvelée par ses communications avec une eau courante. Dans le premier cas, une fois la fermentation opérée, on laisse les eaux se déverser sur le sol, pour gagner le cours d'eau le plus proche, directement si le terrain est en pente, ou indirectement par filtration. Le rouissage donne dans ce cas de moins beaux produits ; mais l'influence qu'il exerce sur la santé publique est moins nuisible que si l'eau, infectée par la fermentation, vient incessamment se mêler à celle qui sert aux usages domestiques. On accuse le rouissage et non sans fondement d'engendrer la fièvre intermittente. En tout cas ses eaux, privées en grande partie d'oxygène par la fermentation, tuent les poissons par asphyxie.

Les cartonneries, les féculeries, les blanchisseries, quand leurs eaux n'ont pu filtrer à travers une couche de terrain assez épaisse pour les purifier avant d'arriver à la nappe souterraine, et à plus forte raison quand elles viennent se mêler directement à l'eau courante, peuvent devenir une source de corruption. L'on peut en dire autant des résidus de la fabrication de la soude artificielle (dégagement d'hydrogène sulfuré avec les bicarbonates alcalino-terreux), de ceux qui proviennent de l'utilisation des débris de boucherie, du lavage et du dégraissage des laines, des résidus de marcs d'olives et d'une foule d'autres provenant des abattoirs, des fabriques de colle, des fours à chaux, des dépôts de salaison, des fabriques d'engrais... Dans tous ces cas, l'eau, jusque-là propre à la consommation, acquiert par son mélange avec un liquide altéré, des propriétés dangereuses pour la santé des populations, et il serait aisé de citer à sa charge de nombreux cas d'intoxication ou d'affections inflammatoires. Mais elle peut agir encore sur notre santé d'une façon plus indirecte, en s'attaquant aux poissons. Nourris dans un milieu malsain, source de maladies diverses, leur chair devient parfois un aliment dangereux, dont les effets sont comparables à ceux de l'eau viciée

elle-même. Elle peut être chargée de substances vénéneuses, et c'est ainsi que les mollusques de l'embouchure des fleuves, les moules et les huîtres, provoquent de temps à autre de véritables empoisonnements. Enfin, pour le dire en passant, après avoir produit des effets aussi pernicieux, l'eau peut encore porter atteinte à la prospérité des populations riveraines. Les poissons voyageurs ou émigrateurs qui la fréquentaient, le saumon, l'alose, la lamproie, l'esturgeon n'y apparaissent plus. Les œufs qu'ils y avaient déposés sont détruits et la pêche devient stérile. La tanche, la carpe et le barbeau, de vie plus sédentaire, contractent des maladies qui finissent par amener la dégénérescence et l'extinction de l'espèce.

2° *Eaux d'égout.* — L'eau d'égout est absolument impropre aux usages domestiques. Telle qu'elle est, nous n'avons donc pas à en parler comme eau potable. Mais il arrive qu'elle vienne se mêler à des sources pures, et ce sont les conséquences de ce mélange que nous devons étudier. Elle peut transmettre les germes des maladies contagieuses ; mais en dehors de là, il est difficile d'affirmer encore qu'elle soit l'origine de maladies déterminées, tant son influence se trouve souvent compliquée de toutes les conditions d'une mauvaise hygiène. Et pourtant on a accusé l'eau d'égout d'avoir engendré le choléra, la fièvre intermittente, la dyssenterie, la fièvre typhoïde. La première de ces maladies ne naît point de toutes pièces en Europe, et quand elle se déclare sans qu'on puisse la rattacher à l'Inde, sa mère-patrie, par voie de continuité ou par des relations individuelles ou commerciales, il faut croire au réveil d'un contage qui n'avait point rencontré jusque-là un milieu propre à son éclosion. Dans ce cas, l'eau d'égout ne peut être plus incriminée que toute autre. La fièvre intermittente, la fièvre typhoïde, qui naissent sur notre sol et dont on a parfois rapporté l'origine à l'eau d'égout, seraient peut-être attribuées avec raison, dans *certains cas*, à la stagnation de l'eau plutôt qu'à sa provenance. Ces considérations sont appuyées par les commissaires de la grande enquête sur l'infection des rivières en Angleterre (1). Ils ont consulté les données fournieres par 24 villes divisées en quatre classes : les unes, au bord de la mer ou au centre du pays, sont en dehors de l'influence des cours d'eau ; d'autres villes riveraines, sont situées à leur origine et à leur embouchure ; une troisième catégorie comprend des localités placées à mi-chemin de leur parcours ; la dernière enfin celles qui sont soumises à la double influence de l'eau et des vapeurs dégagées par des fabriques de produits chimiques et d'alcalis. La diversité de ces emplacements était bien faite pour mettre en évidence l'action morbigène des rivières ; néanmoins les recherches n'ont donné lieu à aucun fait positif. Nous admettons cependant

(1) W. Th. Denison, E. Frankland et J. Chalmers Morton, 1870.

volontiers que l'eau des égouts soit un moyen de transmission facile pour les germes de diverses maladies ; le choléra, la dyssenterie et probablement aussi la fièvre typhoïde, grâce à leur mélange avec les matières excrémentitielles. On admet toutefois aujourd'hui qu'*après un certain temps* de séjour dans les fosses d'aisance, les principes contagieux sont détruits par la fermentation. C'est sans doute pour cela que les vidangeurs ne fournissent pas à la fièvre typhoïde un tribut plus élevé que les autres hommes de peine.

Malgré les restrictions que nous émettions tout à l'heure nous n'ignorons pas, et c'est là l'opinion de Griesinger et de Murchison, que, *dans des circonstances données*, les émanations putrides, celles qui proviennent des fosses d'aisance ou qui sont dues à la stagnation des matières excrémentitielles dans les égouts, n'engendrent la fièvre typhoïde par elles-mêmes (1). Quoi qu'il en soit, il serait à désirer que l'on pût recourir, en temps d'épidémie surtout, à la désinfection immédiate des matières excrémentitielles au moment de l'exonération. L'on diminuerait ainsi les chances de voir les infiltrations de l'eau d'égout dans une eau potable apporter avec elles le germe des maladies dont nous venons de parler.

On a des raisons de croire aujourd'hui que l'eau contaminée, plus peut-être que le contact des malades, est un des principaux agents de transmission de ces affections contagieuses. On les voit, en effet, se répandre, par petits foyers localisés, chez ceux qui puisent leur eau à un puits infecté. Elles envahissent tout un quartier quand une source souillée l'alimente, tandis qu'elles épargnent ceux qui sont desservis par une eau pure.

Influence hygiénique des irrigations à l'eau d'égout. — Ces irrigations, auxquelles l'agriculteur a recours aujourd'hui pour fertiliser ses champs, ont à leur charge deux griefs principaux : on les accuse de donner naissance aux fièvres intermittentes et de favoriser la propagation des vers intestinaux.

Fièvres intermittentes. — En Angleterre on est aujourd'hui unanime à innocenter entièrement les eaux d'irrigation à cet égard. Là où on les incriminait particulièrement, à Craigentinny, on a prouvé que, pendant les vingt dernières années, la fièvre intermittente a fait moins de victimes que partout ailleurs.

En France le même sujet a occasionné de vives discussions. Les cas de fièvre qui se manifestèrent à Gennevilliers en 1873 (5), en 1874 (35) et en 1875 (39), ne pouvaient être attribués, aux yeux de certains méde-

(1) Budd croit au contraire que le germe doit avoir été préalablement déposé dans les cloaques pour donner lieu à l'apparition de la fièvre.

cins, qu'aux eaux d'irrigation. Voyons ce que cette assertion peut avoir de vrai en étudiant le sujet à un point de vue impartial.

Nous devons remarquer que la fièvre intermittente existait à Gennevilliers avant qu'on y préconisât les irrigations à l'eau d'égout. Était-elle due aux mares ou aux eaux stagnantes du voisinage, ou encore aux variations du niveau de la nappe souterraine? C'est probable. Toujours est-il qu'en 1874 et en 1875 l'élévation de l'eau du sous-sol correspondant aux crues de la Seine fut plus considérable que les années précédentes.

En second lieu, depuis 1876, malgré le développement des irrigations, la fièvre intermittente va diminuant, au point qu'elle a presque disparu. En outre, ceux qui furent frappés par la maladie, vivaient précisément loin de la plaine irriguée, tandis que les ouvriers que l'on y employait n'en subissaient pas les atteintes. Enfin, pourquoi un résultat, si désastreux en France, contrasterait-il avec ceux que l'on obtient en Angleterre, par un système d'irrigation inférieur à celui du continent? En dégageant de la question les nombreux intérêts lésés, il semble que si l'on ne peut encore admettre la complète innocuité des eaux d'irrigation, il est encore bien plus téméraire de les incriminer comme on l'a fait.

Entozoaires. — Depuis quelque temps on observe à Paris un plus grand nombre d'entozoaires que par le passé, et c'est aux végétaux de Gennevilliers qu'on en attribue la provenance. Il s'agit surtout du tænia solium (tænia du porc), et du tænia mediocanellata (tænia du bœuf), deux variétés de ver solitaire dont les œufs seraient déposés sur le sol par les eaux d'égout. Il est à remarquer que les œufs de tænia ne se développent pas ordinairement dans l'intestin de l'homme. Ils ont besoin d'un intermédiaire, le porc ou le bœuf, pour prendre la forme vésiculaire. Ce sont alors des cysticerques. Introduits dans l'intestin de l'homme avec la viande de boucherie, les cysticerques deviennent des tænias. D'après cela on conçoit que si réellement les végétaux de Gennevilliers peuvent provoquer l'apparition d'un plus grand nombre de vers solitaires, ce n'est pas grâce à la consommation que nous faisons nous-mêmes de ces végétaux, mais parce qu'ils font partie de l'alimentation de nos animaux domestiques. Si donc nous soumettons la viande à une cuisson plus parfaite, nous n'aurons pas à craindre le développement d'entozoaires. Mais ici encore nous devons remarquer, comme nous l'avons fait déjà à l'occasion de la fièvre intermittente, qu'il est étrange que ce résultat ne s'observe qu'en France. A Genève, où l'on préconise aussi les irrigations, on ne connaît pas le tænia, et dans les hôpitaux d'Édimbourg, c'est-à-dire dans le voisinage de la ferme de Craigentinny, ils sont moins fréquents que dans les autres hôpitaux.

Les vins fuchsinés sont-ils dangereux ? (1) — C'est sur une vaste échelle que la fraude a mis à profit le pouvoir colorant de la fuchsine pour falsifier les vins. Quand il s'agit d'une consommation aussi universellement répandue que l'est aujourd'hui celle du vin, on conçoit toute l'importance qui s'attache à un genre d'altération qui peut souvent offrir un réel danger. Que faut-il donc penser des effets de la fuchsine ? On est aujourd'hui d'accord pour reconnaître qu'elle est inoffensive, si elle est chimiquement pure. C'est l'opinion de MM. Clouet et Bergeron, du Dr Hirt, du Dr Husson. Les dangers que lui ont attribués MM. Ritter et Peltz doivent être mis sur le compte de l'arsenic. Malheureusement il est bien difficile de séparer ces deux substances et, à cause de son dangereux compagnon, on ne doit employer la fuchsine, même au point de vue de la thérapeutique, qu'avec une grande réserve. Peut-être ces craintes paraîtront-elles exagérées et voudra-t-on nous opposer la coutume des paysans du Tyrol de manger de l'arsenic. Ne serait-il pas bon au contraire de faire usage d'une fuchsine arsenicale ? Les vins fuchsinés dont on a fait l'analyse contenaient de 8 milligrammes à 8 centigrammes d'acide arsénieux par litre. Et quand on pense que l'administration de l'arsenic rencontre de nombreuses contre-indications (il nous suffira de citer les affections du tube digestif), il serait téméraire de ne point se défier d'un vin fuchsiné. A part ces contre-indications prescrites par le médecin, que d'exemples d'intolérance n'observe-t-on pas pour ce médicament ! Que de cas d'empoisonnement probable par l'arsenic n'ont point été plaidés devant les tribunaux (l'affaire du pharmacien de la rue de Maubeuge en est une preuve récente), quand l'analyse chimique découvrait à peine des traces du poison.

Dr A. Dumont.

SCIENCES AGRICOLES.

Les stations agricoles (2). — On ignore généralement en Belgique comme en France les services éclatants que les stations agricoles rendent

(1) Voir le rapport de MM. Bouchardat et Gauthier sur : *L'emploi de certaines substances pour la coloration des produits alimentaires et des dangers qui peuvent en résulter pour la santé publique.*

(2) *Bulletin de la Station agricole de Gembloux. — Rapport annuel de l'Association pour la création des Stations agricoles en Belgique*, 1878.

à l'agriculture allemande. Dernièrement, M. Grandeau, professeur à l'école de Grignon, a mis en lumière la puissante organisation des études agronomiques dans ce pays et montré comment, depuis 1860, les stations primitivement constituées sur le même plan, se sont spécialisées peu à peu en se consacrant les unes à l'étude de la nutrition des végétaux, les autres à la physiologie animale.

Dans ces dernières stations l'étable d'expérimentation et l'appareil respiratoire remplaçaient le champ d'essai et les études sur le sol et les engrais. Ce premier pas fut marqué par des résultats considérables, tels que la découverte des lois de la formation de la viande et de la graisse, opérée sous la direction de Wolff, Kuhn, Pettenkoffer, etc. (1).

Les avantages de la spécialisation s'accentuant chaque jour, des stations s'adonnèrent au contrôle des engrais, d'autres au contrôle des semences ou des fourrages ; vinrent ensuite des stations consacrées à des cultures particulières, telles que la viticulture, l'arboriculture, la culture des olives, le défrichement des bruyères, etc.

De même pour les animaux ; la production du lait, du fromage, de la soie et de la laine, ont aujourd'hui leurs laboratoires particuliers et leurs installations physiologiques distinctes ; les grandes industries agricoles sont dans le même cas.

Ce n'est qu'en 1871 qu'en Belgique fut constituée la première association pour la fondation des stations agricoles sous la présidence de M. L. t'Serstevens à l'énergique initiative duquel nous devons en grande partie le maintien et le progrès de l'enseignement supérieur de l'agriculture dans notre pays. Grâce à un subside de 20 000 fr. pour frais de premier établissement et à un subside annuel de 10 000 fr. que M. t'Serstevens obtint de M. le ministre de l'intérieur l'association prospéra rapidement.

M. Petermann, actuellement directeur de la Station de Gembloux, fut appelé en Belgique en 1872 pour fonder la première station agronomique belge. « Mes premiers soins, dit M. Petermann dans son rapport, furent naturellement consacrés à l'installation du laboratoire. Heureusement le local destiné à servir à la Station, qui se trouve situé dans une aile des grands bâtiments de l'Institut agricole de l'État, convenait parfaitement pour ce but. Au moyen de quelques appropriations, un bureau servant en même temps de cabinet de balances, fut réservé à côté du laboratoire d'analyses. Celui-ci est muni de deux grandes cages vitrées pour les travaux aux acides, etc. Une deuxième place reçoit les appareils à germination, l'appareil distillatoire ; une troisième place est affectée aux travaux qui réclament l'usage du feu, les incinérations, les calcinations et les analyses organiques. Cette dernière place donne issue sur une petite cour, très utile pour les opérations qui exigent

(1) *Revue des questions scientifiques*, 1re année, 1re livraison. Bibliographie.

l'emploi d'acides, de gaz nuisibles, etc., et où se trouve creusé un grand réservoir pour recueillir les eaux pluviales.

» Pendant l'installation du laboratoire on commença l'aménagement du jardin d'expériences que la direction de l'Institut agricole avait bien voulu mettre à notre disposition. Ce jardin est muni de six cases de végétation, maçonnées, d'un mètre cube chacune et disposées de manière à pouvoir recueillir les eaux de drainage. C'est dans ce jardin que nous avons construit une serre dans le but d'abriter les plantes soumises aux expériences physiologiques contre les influences météorologiques. Cette serre, excepté le mur du nord, est entièrement construite en fer et verre. Quoiqu'une forte circulation d'air y soit assurée par six grandes fenêtres mobiles sur des rouleaux et par six fenêtres dans la toiture, la serre est munie d'une sortie destinée à recevoir les plantes quand le temps est calme et sec. Celles-ci se trouvent placées sur un wagonnet mobile sur des rails, lequel est mis en mouvement au moyen d'un treuil, permettant ainsi de sortir ou de rentrer toutes les plantes à la fois sans leur faire subir le moindre choc. Cette construction répond complètement à sa destination et elle m'a été de la plus grande utilité dans les recherches entreprises jusqu'à présent.

» Les différentes constructions, l'achat du matériel ont occasionné une dépense totale de 23 188 fr. 73, soit :

» Appropriation des locaux, canalisation du gaz et de l'eau, construction de la serre et des cases de végétation. fr.	15 951,68
» Matériel du laboratoire (balances, verreries, produits chimiques, etc.)	7 237,05
Fr. . . .	23 188,73

» Le personnel de la Station agricole de Gembloux se compose d'un directeur, de deux et temporairement de trois chimistes-préparateurs, et d'un garçon de laboratoire.....

» Les travaux par lesquels la Station a tâché de remplir son programme et de rendre, suivant ses moyens, service à l'agriculture et dont nous donnons ici un résumé, en nous rapportant pour les détails aux rapports annuels présentés aux assemblées générales et à notre bulletin, peuvent être classés sous les points suivants :

I. Analyse des échantillons d'engrais, de fourrages, de graines, etc., soumis à l'examen de la Station.

II. Contrôle des fabriques d'engrais.

III. Recherches expérimentales.

IV. Consultations.

V. Publications. »

Le dernier compte rendu de l'assemblée générale de l'Association pour la fondation des stations agricoles en Belgique sous la présidence de M. L. t'Serstevens, permet de constater les services éminents rendus à

l'agriculture par le contrôle des fabriques d'engrais industriels. Les Stations de Gembloux et de Gand ne suffisant plus aux demandes d'analyse, il vient de s'en créer deux nouvelles à Liège et à Hasselt, et l'on compte sur l'installation très prochaine de laboratoires à Anvers et à Courtrai.

Les publications de l'Association sont envoyées gratuitement à tous les membres et aux journaux agricoles. Parmi ces publications déjà nombreuses, on remarque les recherches et les tableaux de M. Petermann sur la *composition des plantes cultivées et des matières fertilisantes*, *la culture de la betterave à sucre*, *la précipitation des eaux d'égout*, *l'analyse des boues de la ville de Bruxelles*, *le phosphate de chaux fossile en Belgique*, *le contrôle des engrais*, etc., etc.

Le rapport annuel adressé au Ministre de l'intérieur par M. Lejeune, directeur de l'Institut agricole de l'État (1), constate que la proportion des élèves, belges, de cet établissement va continuellement en progressant, de telle sorte, que cette proportion qui, dans la première période, était de 136 étrangers pour 100 belges est arrivée à 100 belges pour 37 étrangers. Le rapport vise tout particulièrement à réfuter les attaques des journaux qui, comme l'*Indépendance belge*, ont prétendu démontrer l'inutilité des services rendus par l'École « fort peu productive d'habiles praticiens » et coûtant fort cher à l'État.

La culture de la betterave et les engrais chimiques — (2). Parmi les communications faites aux séances de la section d'agronomie du Congrès de l'*Association française*, nous signalerons celles de MM. Correnwinder, Joulie, Pellet, Dehérain, Ladureau, sur la betterave et les engrais chimiques. M. Correnwinder affirme de nouveau, contrairement à l'opinion de Claude Bernard, que l'effeuillaison des betteraves diminue considérablement le sucre, parce qu'on supprime l'organe producteur du glucose et que le sucre de la racine est alors consacré à la formation de nouvelles feuilles. M. Pellet a constaté qu'il existe un rapport constant entre la quantité de sucre et de cendres de la betterave entière. S'appuyant sur les analyses de M. Pagnoul et sur les siennes propres, il affirme que pour 100 grammes de sucre dans la racine il y a 1 gramme d'acide phosphorique dans la plante entière. L'auteur en conclut que dès que la quantité d'acide phosphorique du sol est insuffisante pour atteindre cette proportion, la quantité de sucre diminue. Ce qui

(1) Rapport adressé à M. le Ministre de l'Intérieur sur la situation de l'Institut agricole de l'État pendant l'année 1876-1877, par M. Ph. Lejeune, directeur. 1878.

(2) Compte rendu du Congrès de Paris (1878) de l'Association française pour l'avancement des sciences (section d'agronomie).

explique les beaux résultats obtenus par les superphosphates dans cette culture.

M. Ladureau a déterminé cette année l'époque la plus avantageuse pour l'enfouissement des engrais pour betteraves. Il a reconnu que les engrais organiques (chiffons, déchets de laines, matières animales torréfiées) doivent être enfouis avant l'hiver, tandis que les engrais chimiques ne doivent être employés qu'aux semailles.

M. Dehérain rappelle que les plantes terrestres ne contiennent pas de soude dans leurs cendres. Il a cherché à déterminer les causes qui empêchent la soude de passer dans les végétaux en expérimentant sur des haricots enracinés dans l'eau. Dès que la soude est mélangée à d'autres sels elle ne pénètre plus, à moins qu'elle ne se trouve en quantité notable. M. Dehérain en conclut que l'absence de soude dans les végétaux est due à ce que cette base ne se trouve pas répartie dans le sol en quantité suffisante pour dominer sur les autres sels.

A priori cette explication nous paraît très insuffisante et nous croyons qu'il existe d'autres causes qui expliquent l'antipathie des plantes terrestres pour cette substance dont la présence en excès dans le sol suffit pour faire périr la plupart de nos plantes cultivées. Le sel marin n'agit favorablement qu'en facilitant la décomposition ou la dissolution des éléments fertilisants du sol ou de l'engrais.

M. Barral se livre depuis plusieurs années à des recherches sur la composition des fourrages; il a reconnu, contrairement à l'opinion généralement admise, que la matière azotée varie de 1 à 4 pour cent des matières sèches, et que les dernières coupes fournissent les fourrages les plus azotés.

M. Joulie étudie l'adaptation des engrais à différents sols, en analysant simultanément le sol et la plante, méthode que nous avons préconisée depuis longtemps dans le journal de la *Société centrale d'agriculture de Belgique*. Il a constaté avec étonnement l'extrême variabilité des éléments fertilisants de la plante. Des analyses de lin en fleur ont présenté des variations s'élevant à plus de 60 pour cent du chiffre maximum fourni. Dans les bonnes récoltes, les rapports entre les quatre termes de l'engrais dans la plante sont environ de 1 d'acide phosphorique, 2 d'azote, 3 de potasse pour 1 1/2 de chaux; dans une mauvaise récolte, au contraire, la quantité de potasse diminue tandis que l'azote et la chaux augmentent. L'analyse de la plante permettrait donc seule de trouver l'élément de fertilité qui manque. Rappelons à ce propos la méthode si simple et si ingénieuse d'analyse du sol par plante préconisée par M. Ville et qui permet de reconnaître, dans un petit champ d'expérience, au moyen des engrais incomplets et sans recourir à l'analyse chimique, quel est l'élément fertilisant dont le sol est dépourvu.

Congrès agricole de Paris, 1878 (1).— Le rapport sur le Congrès international de Paris par M. Damseaux signale une discussion intéressante dont le sujet préoccupe vivement les agronomes depuis quelque temps.

L'importation des viandes exotiques de l'Amérique, de l'Australie et des colonies anglaises doit-elle amener une crise prochaine dans l'agriculture européenne en dépréciant les viandes indigènes, et convient-il, pour la conjurer, de modifier immédiatement notre économie rurale?

Il résulte des faits exposés au Congrès que l'élevage et l'engraissement des bêtes bovines et ovines font d'immenses progrès dans le nouveau monde et qu'en Australie comme en Amérique l'on paye des prix fabuleux pour les reproducteurs d'élite. De plus, l'on expédie le bétail vivant dans des conditions telles, qu'au lieu d'une perte en poids sur mer, on est parvenu à continuer l'engraissement pendant la traversée. Cependant l'émigration et la consommation sur place s'accroissant dans des proportions considérables, et l'exportation continue du bétail appauvrissant de plus en plus le sol encore vierge d'où on l'exporte, une crise ne paraît pas à craindre pour l'agriculture européenne, qui ne peut du reste substituer sans danger la culture des céréales à l'élève du bétail pour des raisons analogues. Car l'importation des céréales de la Californie et des Indes exerce sur nos marchés une concurrence bien autrement redoutable.

L'extension de la culture des plantes racines, notamment de la *betterave à sucre*, présente aussi de graves inconvénients en présence des fluctuations et des crises réitérées auxquelles l'industrie sucrière est soumise.

Le rapporteur signale un travail sur l'enseignement agricole présenté au Congrès par M. Gossin, professeur à l'Institut agricole de Beauvais.

L'Allemagne possède aujourd'hui 185 écoles d'agriculture, parmi lesquelles on compte huit facultés universitaires, dont l'enseignement comprend toutes les branches de *science pure* appliquée à l'agriculture. La faculté d'agriculture marche de pair avec celle des sciences et réunit, suivant les villes, 20 à 25 chaires, dont les titulaires ont le rang et les privilèges des autres professeurs de l'Université. On compte ensuite 12 instituts supérieurs, dont le cadre d'étude est analogue à celui de Grignon et de Gembloux, et un grand nombre d'écoles moyennes d'agriculture destinées aux fils de paysans sortant des écoles primaires. Enfin, un grand nombre d'écoles pratiques spéciales pour le drainage, l'irrigation, la laiterie, etc. Tous les états de l'Europe ont suivi l'exemple de l'Allemagne et organisé l'enseignement agricole à tous les degrés. Aux États-Unis d'Amérique de nombreux instituts agricoles, largement dotés, ont été créés après la guerre de sécession.

Signalons à ce propos l'ouvrage de M. Nestor Bertrand, délégué du

(1) *Le Congrès agricole à l'Exposition de Paris*, par M. Damseaux, 1878.

gouvernement belge à Philadelphie, qui fournit les renseignements les plus détaillés sur l'organisation de l'enseignement agricole en Amérique. Chose digne de remarque, chez ce peuple essentiellement utilitaire, une place importante est réservée jusque dans les écoles d'agriculture à l'étude de l'histoire, des lettres et de la philosophie morale; exemple bon à suivre dans nos écoles.

Il est à remarquer aussi, qu'en Europe comme en Amérique, l'on s'attache à constituer tout d'abord l'enseignement supérieur, l'enseignement scientifique, avant de procéder à l'organisation de l'enseignement primaire ou moyen : ce qui est logique, car la lumière doit venir d'en haut. Aussi avons-nous lu avec étonnement le discours prononcé à la Chambre belge par M. Bricoult, discours où cet honorable député, tout en reconnaissant la nécessité d'un enseignement scientifique pour résister à la concurrence de l'agriculture progressive de nos voisins et des régions exotiques, affirme que la Belgique n'a plus besoin de nouvelles écoles supérieures. Contentons-nous de faire observer que cette manière de voir n'est pas celle de nos agronomes les plus instruits et les plus expérimentés qui réclament, au contraire, avec instance, l'adjonction d'écoles supérieures d'agriculture à toutes les universités, afin de pouvoir organiser sur des bases solides l'enseignement primaire et moyen.

A. Proost.

GÉOLOGIE.

De l'origine des roches cristallines (1). — M. Sterry Hunt, le géologue américain qui s'est le plus occupé des questions chimiques et lithologiques relatives aux roches cristallines des formations anciennes, vient d'exposer, à la session de Dublin de l'Association britannique, les vues théoriques auxquelles l'ont amené ses études sur les roches primordiales. Les roches cristallines composées de silicates peuvent se diviser en trois groupes : 1° celles qui sont stratifiées (*roches indigènes* de l'auteur); 2° les masses dont les relations avec les roches encaissantes indiquent une origine éruptive, et que l'on désigne sous le nom de roches ignées ou plutoniques; 3° celles

(1) *Nature*, n° 416, vol. 18, p. 444.

qui sont, comme les secondes, postérieures aux couches qui les renferment ; mais que la plupart des géologues considèrent comme étant d'origine aqueuse. Ce troisième groupe comprend les filons métallifères et d'autres roches cristallines non éruptives qui traversent les couches stratifiées (*roches endogènes*). Il est souvent difficile d'assigner avec certitude le mode de formation de chacun de ces groupes. Quelques géologues ont admis une origine éruptive pour les filons métallifères, et plusieurs confondent les veines granitiques endogènes avec les granites plutoniques qui possèdent la même composition minéralogique. Il n'est pas rare non plus que l'on confonde ces derniers avec les gneiss granitoïdes stratifiés. Le mouvement d'une masse éruptive peut déterminer, dans certains cas, un alignement des cristaux ; c'est ce que l'on observe quelquefois pour des granites éruptifs et des dykes de dolérite ; et d'un autre côté, les dépôts successifs sur les parois d'une fissure peuvent donner aux masses endogènes une structure qui simule celle des roches sédimentaires ; le granite de filon peut revêtir un aspect gneissique. Trompés par une certaine analogie de structure, des géologues comprennent sous le nom de roches éruptives non seulement les granites, les diorites et les dolérites éruptifs, mais même les gneiss granitoïdes ; ils confondent de même les bancs de greenstone massif et les roches plus schistoïdes avec lesquelles les gneiss et les greenstones sont si intimement associés.— D'après les théories de l'école plutonienne, les roches cristallines représentent la croûte ignée de notre planète ; leur structure stratiforme aurait été produite avant la formation des roches sédimentaires. Les neptunistes, au contraire, admettent que les sédiments déposés par les eaux peuvent, sous l'action des forces chimiques et cristallogéniques, acquérir une structure cristalline différente de celle qu'ils possédaient d'abord. Les géologues de cette école n'admettent pas seulement que toutes les roches cristallines stratiformes ont une origine aqueuse ; mais que les roches exotiques elles-mêmes ne sont que des roches sédimentaires où le métamorphisme a laissé une profonde empreinte.

Cependant l'étude de la composition chimique et lithologique de ces roches cristallines soulève des difficultés dans les deux hypothèses. Si nous admettons les idées plutonistes, nous sommes frappés en voyant la similitude de composition que présentent souvent les roches volcaniques anciennes ou récentes, et les gneiss et les greenstones stratoïdes. Mais c'est en vain que l'on chercherait à trouver parmi les roches incontestablement volcaniques des masses présentant des analogies de composition avec les roches serpentineuses, péridotiques, chloriteuses, avec les quartzites, les couches de magnétite, d'oligiste et de calcaire qui apparaissent dans les formations primordiales et qui ont été considérées par quelques plutonistes comme étant d'origine ignée. Pour expliquer la

présence de ces roches au milieu d'agrégats minéralogiques renfermant plus ou moins de feldspath comme les gneiss et les greenstones qui forment la plus grande partie de ces couches anciennes, les géologues ont admis trois hypothèses. D'après les uns, il existait à l'intérieur de la terre un réservoir duquel auraient été éjaculées, à certaines époques, des roches feldspathiques, acides et basiques, et même des masses fondues de péridot, d'oxyde de fer, de quartz, de calcaire. D'autres géologues de la même école se sont efforcés d'expliquer la présence de quelques-unes de ces roches exceptionnelles par ce qu'ils appellent un *processus* de ségrégation. En admettant cette dernière interprétation on aurait dans ces masses minérales des roches formées de la même manière que les roches endogènes. Les difficultés que soulèvent ces deux hypothèses, tant au point de vue de la chimie que de la géognosie, en ont fait naître une troisième, qui suppose que ces roches ont été formées par altération locale de certaines roches plutoniques normales. En s'appuyant sur des faits d'altération et de remplacement tels que nous les montrent les pseudomorphoses, et en tenant compte de l'isomorphisme et du revêtement de certaines espèces par d'autres minéraux, on admit que des espèces minérales peuvent se transformer par élimination ou addition de certains éléments. Ces modifications peuvent même être si profondes qu'il ne reste plus, dans le nouveau minéral, aucun des éléments de l'espèce primitive. On crut pouvoir adapter aux roches cette explication applicable aux minéraux, et on soutint que certaines portions de roches ignées, acides ou basiques, pouvaient être transformées en serpentine, en chlorite ou en calcaire. On supposa que ces modifications étaient dues à l'action de l'eau aidée par la chaleur, et que cet agent suffisait à produire des altérations locales dans les roches plutoniennes. On admettait qu'en même temps que ces roches se modifiaient, les sédiments voisins subissaient, sous l'influence du même agent, une modification par contact. Ces doctrines ont été exprimées sous cette forme par von Lasaulx et par Knop.

Dans cette troisième hypothèse on se propose de rendre compte de la présence de certaines variétés des roches associées à des masses plutoniques, et l'on admet que des portions de ces dernières, sous l'influence d'actions chimiques, auraient été presque totalement transformées en masses minérales de composition minéralogique et de structure bien différente de la roche primitive. Cette action modifiante prend le nom de métamorphisme ; mais puisque la modification ne porte pas seulement sur la forme mais sur la substance même, on la désignerait plus exactement d'après M. Sterry Hunt par le mot *métasomatose*.

Voyons maintenant les idées émises sur l'origine de ces roches par les géologues neptunistes. Leur interprétation permet d'expliquer la dis-

position stratiforme et rend compte de l'existence, dans les terrains cristallins, de certains bancs de minerai de fer et de calcaire. Mais nous devons ajouter que l'explication suggérée par les savants de cette école soulève à son tour de nombreuses difficultés, si, comme l'admettent un grand nombre de géologues neptunistes, la puissante série cristalline dérive de l'altération de sédiments non cristallins, sédiments qu'en certains points on trouve non modifiés et qui étaient semblables aux sédiments paléozoïques, ou à ceux des formations plus récentes. Comment expliquera-t-on l'origine des roches feldspathiques et amphiboliques, qui prédominent dans ces formations? Les grès et les schistes dont ils devraient dériver ne pouvaient fournir les éléments chimiques de ces bancs de roches silicatées; car il leur manque, non seulement les alcalis, mais même toutes les autres bases qui entrent dans la composition des roches dont il s'agit d'interpréter l'origine. Il est vrai qu'on peut toujours supposer que ces bases auront été amenées d'ailleurs, et admettre une série d'actions métasomatiques plus merveilleuses encore que celles auxquelles doivent recourir les plutonistes

Que l'on adopte l'une ou l'autre des opinions qui viennent d'être exposées, il reste toujours à expliquer l'intercalation, dans les terrains primordiaux. d'un grand nombre de roches stratifiées dont la composition est très différente des sédiments d'origine mécanique ; car ces roches cristallines renferment le péridot, la serpentine, la stéatite, la chlorite, la pinite, le grenat, l'épidote, la hornblende, l'orthose et les feldspaths tricliniques. Pour expliquer la formation de ces minéraux, il faut recourir à un procédé métasomatique spécial pour chacune des espèces, admettre des réactions chimiques, qui pour chacun de ces minéraux élimineraient et apporteraient des substances, et qui se prolongeraient avec une étonnante constance durant toute la durée des temps éozoïques.

M. Sterry Hunt rejette l'hypothèse d'une métasomatose telle qu'elle nous est proposée par les neptunistes et par les plutonistes; elle suppose, ajoute-t-il, dans des roches solidifiées, un système de circulation, d'absorption, d'élimination, d'agrégation qui paraît plus merveilleux encore que celui que nous admirons dans les corps organisés.

Quelques géologues supposent l'existence de deux classes de roches cristallines stratoïdes ; les unes d'origine neptunienne seraient des bancs altérés de sédiments appartenant aux couches paléozoïques, ou à des formations plus récentes; les autres plus anciennes pourraient avoir été formées par voie aqueuse ou par voie ignée. L'histoire des progrès de la géologie nous montre beaucoup d'exemples de formations cristallines qui furent tour à tour rapportées à différents horizons depuis les formations cænozoïques jusqu'à la base des terrains paléozoïques, mais dont on a démontré ensuite qu'elles appartenaient à la période pré-paléozoïque. D'après l'auteur nous n'avons pas de raison d'admettre qu'il existe des

équivalents non cristallins de ces formations cristallines, et qu'elles doivent être considérées comme pré-cambriennes ou pré-siluriennes. On trouve, à la vérité, beaucoup d'exemples d'altérations locales de sédiments moins anciens ; elles sont ordinairement provoquées par des actions hydrothermales, dont le résultat a été de produire dans les roches des minéraux cristallisés semblables à ceux que l'on rencontre dans les roches anciennes. La plupart des géologues qui défendent les théories neptuniennes cherchent à expliquer l'origine des roches cristallines stratoïdes par le métamorphisme de couches sédimentaires dont on retrouverait ailleurs des équivalents non modifiés. Mais il y a des raisons de croire que, durant la période qui précéda le dépôt du terrain cambrien, des actions chimiques, s'exerçant avec une grande intensité, provoquées par une température élevée, par des conditions spéciales de l'atmosphère, par d'abondantes sources thermales, déterminèrent le dépôt des matières minérales qui devaient former les roches cristallines. Plusieurs géologues ont admis des vues qui se rapprochent de celles-ci. Dès 1834, De la Bêche envisageait ces roches comme des dépôts chimiques dus à l'action des eaux de l'Océan sur la croûte primitive du globe avant l'apparition des organismes.

Les recherches de l'auteur sur la composition et la structure des roches cristallines, et ses études sur la chimie des eaux naturelles le conduisirent en 1869 à rejeter l'origine épigénique ou métasomatique de la serpentine, de la chlorite, de la stéatite et d'autres roches semblables, et à admettre qu'elles s'étaient formées par dépôt direct dans des lacs ou dans des mers. Il étendit bientôt cette manière de voir à d'autres roches de nature spéciale que l'on rencontre dans les formations cristallines ; en 1864, il affirmait qu'elles avaient été formées par le dépôt direct de silicates cristallisant au sein des eaux. Pour justifier cette manière de voir, l'auteur rappelle que des silicates insolubles se forment par l'évaporation des eaux naturelles ; il insiste sur les dépôts de sépiolite, de glauconie et de silicates alliés à la chlorite, que l'on retrouve dans les formations géologiques les plus anciennes, et qui se déposent encore de nos jours en couches au fond de la mer. Ils remplissent les coquilles des foraminifères actuellement existants, et on les retrouve dans les restes de crinoïdes des temps paléozoïques. Il ajoute que nous pouvons voir se produire dans les sources thermales les zéolithes cristallisées et le quartz, et que la formation de ces silicates sous l'action de causes actuelles doit nous faire admettre que ces minéraux ont dû se produire plus abondamment aux temps éozoïques, alors que les causes agissaient avec une bien plus grande énergie. Cependant on ne doit point restreindre la formation de ces roches silicatées à la période où l'océan primitif possédait une température élevée qui ne permettait pas encore l'existence des organismes. Elles doivent avoir continué à se déposer durant les périodes

suivantes, et sont contemporaines des couches de calcaire et de celles composées de matières détritiques avec lesquelles elles alternent. Les éléments argileux de ces sédiments peuvent avoir joué un rôle dans les réactions dues aux eaux thermales.

Nous arrivons par cette interprétation, continue l'auteur, à expliquer logiquement l'origine des roches cristallines et nous établissons une théorie neptunienne qui peut embrasser l'ensemble des faits sans recourir à la métasomatose. Depuis près de vingt ans que cette théorie a été proposée, elle a été admise par des savants qui s'étaient spécialement occupés de ces études. Parmi ceux qui l'ont formellement adoptée, M. Sterry Hunt cite MM. Delesse, Credner, Gümbel, Alphonse Favre et Gastaldi.

Les actions chimiques en jeu dans la formation de ces silicates se sont modifiées dans la suite des temps, et ont incontestablement perdu de leur énergie. Il en est résulté des différences minéralogiques et lithologiques dans la série des terrains cristallins. Chacun de ces terrains renferme des quartzites et des calcaires, et dans ces derniers on rencontre, comme éléments accidentels, des silicates tels que la serpentine, la hornblende et des micas. C'est dans les roches alumineuses qui ne renferment ni chaux ni magnésie que l'on remarque ces différences essentielles et caractéristiques résultant, ainsi que l'auteur l'a démontré depuis longtemps, d'une diminution de la teneur en alcalis. En remontant des couches les plus anciennes aux plus récentes de la formation azoïque, on observe que le feldspath orthose et l'albite sont graduellement remplacés par d'autres silicates tels que la muscovite, la damourite, la paragonite et enfin par l'andalousite, le disthène, la pyrophyllite et la fibrolithe.

A. R.

LÉON XIII

ET LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nous enregistrons avec bonheur, en tête de cette livraison, la réponse encourageante que le souverain pontife Léon XIII a daigné faire à une démarche récente de la Société scientifique.

Pendant les fêtes de Noël, un membre du Conseil, M. de Cannart d'Hamale, sénateur du royaume de Belgique, fut admis à présenter au pape, au nom de la Société, tous les volumes publiés des *Annales* et de la *Revue des questions scientifiques*, accompagnés de l'adresse suivante :

Très Saint Père.

La Société scientifique de Bruxelles a vivement désiré l'honneur de déposer aux pieds de Votre Sainteté un exemplaire de ses publications. Fondée en 1875 avec la bénédiction du Vicaire de Jésus-Christ, elle compte aujourd'hui plus de 700 membres qui, dans toutes les parties du monde, s'efforcent de prouver, par leur soumission aux enseignements de l'Église et par leurs travaux scientifiques, que, suivant leur devise empruntée aux constitutions du Concile du Vatican, il ne peut jamais exister de désaccord réel entre la foi et la raison. Elle demande humble-

ment que Votre bénédiction, Très Saint Père, la soutienne et l'encourage dans l'œuvre importante à laquelle elle s'est vouée.

Léon XIII voulut bien agréer ce respectueux hommage, et s'informer en détail de l'histoire et de l'état actuel de notre œuvre. Trois semaines après, non content d'accorder la bénédiction demandée, il adressait au président et aux membres la lettre dont nous donnons ici le texte original et la traduction.

Dilectis Filiis Praesidi ac Membris Societatis Scientificae Bruxellis constitutae.

LEO PP. XIII.

Dilecti Filii salutem et Apostolicam benedictionem.

Gratae Nobis advenerunt litterae vestrae una cum Annalibus et Quaestionibus a vobis editis, quas in obsequentissimum erga Nos et Apostolicam Sedem pietatis testimonium obtulistis. Libenter sane agnovimus Societatem vestram quae a scientiis sibi nomen fecit, et quae tribus tantum abhinc annis laetis auspiciis ac Iesu Christi Vicarii benedictione Bruxellis constituta est, magnum iam incrementum cepisse, et uberes fructus polliceri. Profecto cum infensissimi relligionis ac veritatis hostes nunquam desistant, imo magis magisque studeant dissidium rationem inter ac fidem propugnare, opportunum est ut praestantes scientia ac pietate viri ubique exurgant, qui Ecclesiae doctrinis ac documentis ex animo obsequentes, in id contendant, ut demonstrent *nullam unquam inter fidem et rationem veram dissensionem esse posse;* quemadmodum Sacrosancta Vaticana Synodus, constantem Ecclesiae et Sanctorum Patrum doctrinam affirmans, declaravit Constitutione IV^a^. de fide catholica. Quapropter gratulamur quod Societas vestra hunc primo finem sibi proposuerit, itemque in statutis legem dederit, ne quid a sociis contra sanam christianae philosophiae doctrinam committatur; simulque omnes hortamur ut nunquam de egregio eiusmodi laudis tramite deflectant, atque ut toto animi nisu praestitutum Societatis finem praeclaris exemplis ac scriptis editis continuo assequi adnitantur. Deum autem Optimum Maximum precamur, ut vos omnes caelestibus praesidiis confirmet ac muniat : quorum auspicem, et Nostrae in vos bene-

volentiae pignus, Apostolicam benedictionem vobis, dilecti filii, et Societati vestrae ex animo impertimur.

Datum Romae apud S. Petrum die 15. Ianuarii 1879. Pontificatus Nostri Anno Primo.

LEO P. P. XIII.

A nos chers fils, le Président et les Membres de la Société scientifique de Bruxelles.

LÉON XIII PAPE.

Chers fils, salut et bénédiction apostolique.

Votre lettre Nous a été agréable, ainsi que les Annales et les Questions publiées par vous et offertes en témoignage de votre piété respectueuse envers Nous et le Siège apostolique. Nous avons vu réellement avec plaisir que votre Société, qui a adopté le nom de Société scientifique, et s'est constituée à Bruxelles, depuis trois ans seulement, sous d'heureux auspices avec la bénédiction du Vicaire de Jésus-Christ, a déjà pris un grand développement et promet des fruits abondants. Certes puisque les ennemis acharnés de la religion et de la vérité ne se lassent point et s'obstinent même de plus en plus à proclamer l'opposition entre la raison et la foi, il est opportun que partout surgissent des hommes distingués par la science et la piété, qui, attachés de cœur aux doctrines et aux enseignements de l'Église, s'appliquent à démontrer *qu'il ne peut jamais exister de désaccord réel entre la foi et la raison*, comme l'a déclaré, dans la Constitution IV *de fide catholica*, le saint Concile du Vatican affirmant la doctrine constante de l'Église et des saints Pères. C'est pourquoi Nous félicitons votre Société de ce qu'elle s'est d'abord proposé cette fin, et aussi de ce qu'elle a mis dans les Statuts un article défendant à ses membres toute attaque aux saines doctrines de la philosophie chrétienne; et en même temps Nous les exhortons tous à ne jamais s'écarter de la voie excellente qui leur vaut un tel éloge, et à poursuivre continuellement de tout l'effort de leur esprit l'objet assigné à la Société, par d'éclatants exemples et par leurs publications. Nous prions Dieu très bon et très grand, qu'il vous soutienne tous et vous fortifie du céleste secours : en présage duquel, et comme gage de Notre bienveillance envers vous, Nous accordons du fond du cœur à

vous, chers fils, et à votre Société la bénédiction apostolique.

Donné à Rome, à Saint-Pierre, le 15 janvier 1879, l'an 1 de notre Pontificat.

LÉON XIII, PAPE.

Cette lettre pontificale est le plus précieux encouragement que la Société ait reçu depuis sa fondation. D'illustres savants nous ont donné leur adhésion, d'habiles écrivains ont collaboré à nos publications, de nombreux amis nous ont soutenus de leur influence ; le pape Pie IX a béni la Société dès son premier jour ; mais, après trois ans d'existence, lorsque les comptes rendus de nos réunions et deux grandes publications périodiques permettent de nous juger sur nos actes, des paroles aussi encourageantes, venues d'un pontife qui connaît si bien les besoins et les ressources de notre époque, dépassent à nos yeux tout le reste. Nous recevons donc avec une vive reconnaissance ces félicitations pour le but que nous nous sommes proposé et pour les garanties inscrites dans nos Statuts, ces sages conseils qui rappellent ceux du Concile du Vatican, ces paternelles exhortations, et cette bénédiction apostolique qui nous présage le succès. Le prix en est doublé par l'affectueuse bienveillance qui respire dans toute cette lettre, et qui faisait dire à un prélat éminent : « Léon XIII, on le voit, bénit cette œuvre de tout son cœur. » C'est de tout notre cœur aussi que nous allons redoubler d'efforts pour nous en montrer dignes.

Nous devons remercier la presse catholique des sympathies qu'elle nous a témoignées à cette occasion. En Belgique, presque tous ses organes ont immédiatement reproduit la lettre pontificale et nous en ont félicités. Elle a montré le même zèle à l'étranger, surtout dans les pays, comme la France et l'Espagne, où nous comptons le plus de membres et d'abonnés. Entre tous ces témoigna-

ges, qu'on nous permette de traduire le passage suivant de l'article publié à Rome par la *Voce della Verità* (11 février 1879) :

« Grande est l'estime qu'a conquise en peu de temps parmi les savants cette *Revue*, où les questions les plus vitales de la science contemporaine sont traitées avec une grande profondeur par des hommes distingués, lesquels parfaitement informés de l'état actuel des connaissances humaines, ne croient pas que, pour rendre service à la vérité et à la bonne cause, il faille cacher ou tourner en ridicule ce que ces connaissances ont de bien fondé et que les hommes instruits admettent universellement. Tout en apportant dans l'exploration de la nature cette liberté que le Concile du Vatican a reconnue comme juste, ils mettent tous leurs soins, suivant les prescriptions du même saint Concile, à éviter ce qui répugne aux doctrines révélées, lesquelles jamais ne pourront se trouver en désaccord avec les vérités naturelles. Aussi cette sage institution, si bien faite pour notre époque, a mérité la protection du souverain pontife Pie IX de sainte mémoire, et vient encore d'être encouragée par son successeur. »

A côté de ces bienveillantes manifestations des amis, nos adversaires ne nous ont adressé jusqu'ici, à propos de cette lettre, aucun témoignage de mauvaise humeur. Il y est parlé d'eux cependant, et si le souverain pontife déclare opportune la pensée qui a fait naître la Société scientifique, c'est en particulier à cause de leurs tristes manœuvres.

Quelle que soit la raison de leur silence, nous profiterons nous-même de la circonstance pour donner des renseignements qu'on nous a plusieurs fois demandés sur le plus brave de tous nos contradicteurs, le seul qui ait jamais entrepris de discuter avec nous.

Nos lecteurs n'ont peut-être pas oublié le vaillant anonyme qui, en novembre 1877, sans nous connaître le moins du monde, sans avoir jamais entendu parler de nos publications, consacra tout un chapitre à renseigner sur notre

compte les abonnés de *La Philosophie positive, revue dirigée par E. Littré et G. Wyrouboff*. Ce curieux morceau, reproduit en entier dans notre livraison de janvier 1878, n'était, nous l'avons dit, qu'une entrée en campagne. Dans une note au bas de la première page, l'auteur s'engageait à nous surveiller convenablement : « Nous aurons, disait-il, plusieurs fois l'occasion d'examiner les travaux de la Société scientifique fondée par les catholiques. »

Tout heureux d'enregistrer sa promesse, nous lui avons aussitôt révélé les titres des deux publications, *Annales* et *Revue*, où il pourrait, s'il le croyait nécessaire, prendre connaissance de nos travaux avant de les critiquer; et, dans les quelques réflexions dont nous escortions son article, nous avons fait notre possible pour le bien engager à tenir sa parole.

A vrai dire, nous ne comptions pas beaucoup sur cette parole. Un de nos amis, encore plus sceptique, n'y comptait pas du tout. « Je connais les positivistes, nous disait-il, celui-ci vous faussera compagnie. » Et déjà, en effet, au moment précis où la *Revue des questions scientifiques* accusait réception de sa déclaration de guerre, il semblait songer à la retraite et insérait dans la *Philosophie positive* une note moins belliqueuse. Voici cette note qui, du reste, pour l'exactitude des renseignements, est à la hauteur de l'article qu'elle corrige.

« Depuis que cet article a été écrit, les journaux catholiques ont annoncé l'apparition d'un volume de mémoires rédigé par les fondateurs de la Société scientifique ; cette publication aurait le double caractère de contribuer aux progrès de la science et de combattre les systèmes scientifiques hostiles à la religion (à la religion catholique, bien entendu). Les travaux utiles aux progrès de la science seront sans doute bien accueillis de tout le monde, quelle que soit leur provenance, et les noms de MM. Hermite, Secchi, de Lapparent, sont des garanties; mais la seconde partie du programme ne manquera pas de se heurter à de

grandes résistances. Les productions de la Société scientifique deviendraient plus sérieuses que son congrès d'ouverture ne le fait supposer, qu'aucune partie de notre thèse ne peut en être atteinte (1). »

Et là-dessus, il nous quittait pour rentrer dans les généralités ordinaires sur l'Église « vaincue définitivement » par la science, « son ennemie mortelle. »

Quand on se rappelle qu'en novembre il avait voulu montrer, dans la fondation de la Société scientifique, « une croisade organisée » contre cette ennemie, on doit lui savoir gré d'augurer en janvier que la même Société produira peut-être des « travaux utiles aux progrès de la science, » et l'on peut bien laisser passer la malheureuse mention du « congrès d'ouverture. » Mais où sont donc les « grandes résistances » dont il nous menaçait ? C'était lui-même d'abord qui devait les opposer ; deux mois plus tard elles devenaient impersonnelles ; aujourd'hui nous en sommes toujours à les attendre ; car, malgré ses promesses, la *Philosophie positive* garde depuis lors un silence mélancolique. Depuis « quinze mois, » période qu'elle trouvait si longue dans sa première attaque, elle n'a plus prononcé notre nom. Depuis qu'on lui a dit où sont publiés nos travaux, elle a renoncé à les examiner. Craint-elle de voir ses articles reproduits *in extenso* pour nos lecteurs? Le terrain scientifique lui paraît-il dangereux?

Espère-t-elle peut-être qu'un autre organe du positivisme se chargera pour elle d'une besogne qui n'est pas sans inconvénients? Cet humble espoir pourrait bien être déçu. Nous avons beau feuilleter les publications de cette catégorie ; aucune n'essaie de nous confondre. Elles se contentent de nous montrer de temps en temps, par une mention hargneuse ou une insinuation malveillante, que nous n'avons pas leurs sympathies.

Nous le savons parfaitement ; mais il est toujours agréable

(1) *Philosophie positive*, janvier-février 1878, p. 55.

d'en recueillir des témoignages. Nous y voyons la preuve que, au jugement même de nos adversaires, la Société scientifique est venue vraiment à son heure, qu'elle gêne le charlatanisme des sectaires contemporains, qu'elle éclaire et fait réfléchir plus d'un esprit sincère trompé par leurs affirmations, qu'elle fournit à tous une démonstration vivante de l'accord entre la foi et la raison, entre l'esprit scientifique et l'esprit religieux.

Les sympathies des uns et les rancunes des autres nous éclairent et nous soutiennent également. Ce qui nous les attire c'est, on le voit, la discussion loyale et sérieuse dont nous nous sommes toujours fait une loi et qui a déjà porté la lumière dans plus d'une conscience. Dans cette voie laborieuse, que Léon XIII recommandait récemment à tous les publicistes catholiques, sa bénédiction vient aujourd'hui nous encourager, et elle nous permet d'espérer, pour l'avenir, des résultats encore plus consolants.

I. Carbonnelle S. J.

L'HOMME TERTIAIRE [1]

SUITE ET FIN.

II.

L'HOMME PLIOCÈNE.

La période *pliocène* est la plus courte, avons-nous dit, des trois périodes tertiaires. Le terrain qui la représente a reçu, outre celui de *pliocène*, différents noms qu'il est bon de connaître : c'est le *terrain tertiaire supérieur* de divers auteurs, le *crag* des Anglais, l'*étage subapennin* de d'Orbigny, et le *vieux pliocène* de Lyell, qui réserve la qualification de *nouveau pliocène* à des formations que nous considérons comme quaternaires.

En France, les lambeaux de terrain que l'on rapporte à cet âge sont rares et peu étendus ; encore n'est-il pas prouvé qu'ils soient tous réellement pliocènes. Ils sont assez mal caractérisés, en effet, et assez peu distincts, par leur composition minéralogique, des dépôts quaternaires pour qu'on puisse souvent les confondre avec ces derniers. Cela est vrai surtout des sables de la Gascogne que l'on ne sait au juste à quelle époque rapporter ; mais la même observation peut

(1) Voir la livraison précédente.

s'appliquer aux autres formations supposées pliocènes, par exemple, aux dépôts lacustres de la Bresse et aux sables et calcaires de Montpellier. Nulle part, croyons-nous, l'ordre stratigraphique n'est si nettement indiqué que l'on ne puisse élever des doutes sur l'âge géologique de ces formations isolées. Quant au caractère paléontologique, nous l'avons dit ailleurs, il est insuffisant à lui seul. Les fossiles, du reste, sont peu nombreux dans cet étage et ceux que l'on y a trouvés se rapprochent considérablement de la faune quaternaire.

Il y aurait, on le voit, de sérieuses raisons de douter, non seulement de l'âge géologique de certains terrains que l'on rapporte habituellement à la période pliocène, mais de l'existence même de cette période qui nous paraît se confondre avec la suivante. En attendant que la lumière se fasse sur ce point obscur de l'histoire du globe, nous admettrons néanmoins, avec l'universalité des géologues contemporains, qu'il s'est écoulé, entre la période miocène et l'époque quaternaire, un intervalle d'une certaine durée qui a eu, comme les autres âges géologiques, sa faune et sa flore caractérisées par des espèces spéciales.

Mais quelles sont ces espèces dont les débris nous permettront, à défaut de caractères plus précis, de reconnaître au milieu des autres les terrains pliocènes ?

Parmi les animaux d'un ordre supérieur, M. Vézian cite les suivants qu'il donne comme les plus caractéristiques de cet étage : *Mastodon brevirostris*, *Mastodon Borsoni*, *Rhinoceros megarhinus*, *Tapirus minor*, *Hipparion prostylum*, *Ursus minutus*, *Felis Christolii*, etc. Les restes de ces divers mammifères ont été trouvés dans les couches les mieux caractérisées de l'étage pliocène, spécialement dans les sables de Montpellier. Nous les prendrons pour types de la faune contemporaine, et leur présence ou leur absence dans un gisement sera pour nous un indice probable que ce gisement est ou n'est pas pliocène.

Quant à la flore de cette période, elle ne différait pas

considérablement de la flore actuelle, bien qu'aucune de ses espèces ne semble avoir passé jusqu'à nous. Comme la faune, elle accuse une température plus élevée que celle d'aujourd'hui, inférieure toutefois à celle de la période miocène. Pas plus à cette époque qu'à la précédente, le climat n'était donc un obstacle à l'existence de l'homme dans nos contrées. Y a-t-il réellement vécu? — Nous répondrons à cette question par l'exposé des faits qui s'y rapportent.

Parmi les principaux, parmi ceux qui ont contribué des premiers à répandre la croyance à l'homme tertiaire, il faut citer tout d'abord la découverte d'ossements et de silex dans une sablonnière de Saint-Prest, dans le voisinage de Chartres (1). Les nombreux ossements de grands mammifères que contenait cette localité y attirèrent de bonne heure les naturalistes. L'un de ces visiteurs fut M. Desnoyers, connu jusque-là pour l'opposition qu'il avait faite à la découverte de M. Boucher de Perthes, dans la vallée de la Somme. Ce savant retira un jour de la carrière de Saint-Prest un tibia de rhinocéros sur lequel il remarqua des stries analogues à celles que pourrait produire un instrument tranchant. Des incisions semblables furent ensuite découvertes sur d'autres ossements depuis longtemps recueillis et qui se trouvaient dans diverses collections. Il crut apercevoir en particulier sur un fragment de crâne d'*Elephas meridionalis* appartenant à l'École des mines, mais provenant de la même localité, les traces de flèches qui auraient glissé sur la matière osseuse après avoir traversé la peau et les chairs. Il avait encore rencontré des os de ruminants fendus

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, LVI, p. 1073, 1157, 1199; LXI, p. 218; LXIV, p. 47. — *Matériaux pour l'hist. de l'homme*, II, p. 37; III, p. 17. — *Bulletin de la Société géologique* 1861-1862, p. 709. — *Revue scientifique*, II, p. 669; VII, p. 268 — *Les Mondes*, XIII, p. 87. — Vézian, *Prodrome de géologie*, III, p. 342 — Zaborowski-Moindron, *De l'ancienneté de l'homme*, I, p. 97-99. — Hamy, *Précis de paléontologie humaine*, p. 86-100. — Le Hon, *L'homme fossile*, p. 25. — V. Meunier, *Les ancêtres d'Adam*, p. 257-267. — Mis de Nadaillac, *L'homme tertiaire*, dans le *Correspondant*, déc. 1878.

en long et en travers, comme pour en extraire la moelle.

M. Desnoyers rendit compte de toutes ces découvertes à l'Académie des sciences dans une longue note lue par lui à la séance du 8 juin 1863. Il y décrit en détail les stries, entailles et incisions qu'il a observées sur les os de Saint-Prest. Il prétend distinguer nettement celles qui sont de main d'hommes de celles qui sont dues à des causes purement naturelles ; car il admet que quelques-unes ont cette dernière origine, qu'elles ont été produites par le frottement ou l'action des courants. Enfin il conclut à l'existence de l'homme à Saint-Prest à l'époque où y vivaient les animaux dont on y trouve les ossements, c'est-à-dire à l'époque pliocène.

Cette communication fut diversement accueillie. Plusieurs naturalistes (1) se prononcèrent nettement contre l'origine artificielle des stries et par suite contre les conclusions qu'en tirait l'auteur de la découverte. L'un d'eux, M. Eug. Robert, ne craignit pas de dire, dans une note qu'il présenta à l'Académie, que les incisions observées sur les ossements de l'École des mines étaient dues au ciseau dont on s'était servi dans cet établissement pour les débarrasser de la terre qui les enveloppait (2)

(1) Entre autres M. Bayle, professeur à l'École des mines.

(2) Voici tout entière la curieuse note de M. Eug. Robert : « M'étant rendu à l'École des mines pour y étudier les indices signalés par M. Desnoyers, la personne qui prépare les ossements fossiles de cet établissement déclara formellement que les blessures des ossements des environs de Chartres résultaient de sa maladresse à les débarrasser de la terre qui les enveloppait et qu'il ne fallait y voir que des coups du burin ou du ciseau employé par elle dans leur nettoyage.

» Néanmoins, avant d'avoir reçu cette déclaration importante, à laquelle j'étais loin de m'attendre, j'avais jeté rapidement un coup d'œil sur tous les ossements, provenant des sablières de Jouy, près de Chartres, recueillis la plupart par M. l'ingénieur en chef de Boisvillette, et ma première impression avait été que ces traces d'entailles, d'éraflures et de coupures avaient eu lieu depuis leur extraction du sol qui les renfermait. J'avais cru notamment y reconnaître un coup de pioche de terrassier et je m'apprêtais à attribuer quelques stries profondes, qui m'avaient paru dans ce rapide examen être plus anciennes, au frottement de quelques pierres aiguës à la surface des os

En réponse à cette note, M. Desnoyers fit observer à la séance suivante que les stries dont M. Robert donnait une si étrange explication ne se trouvaient pas seulement sur les ossements appartenant à l'École des mines, mais qu'il les avait également rencontrées sur les échantillons des autres collections, sur ceux même qu'il avait retirés de sa main de la sablonnière où ils étaient ensevelis « depuis tant de milliers de siècles. »

La question en resta là pendant quelques années. Plusieurs géologues des plus compétents n'osaient se prononcer sur l'origine des stries. Lyell, qui les observa attentivement chez M. Desnoyers, était du nombre des hésitants, lorsque de retour en Angleterre, il eut l'idée de donner aux porcs-épics du jardin zoologique de Londres des os frais à ronger. Au bout de quelques jours, il trouva ces os rayés transversalement comme ceux de Saint-Prest. Le savant géologue en conclut très légitimement que les incisions supposées artificielles que portaient ces derniers pouvaient, elles aussi, être le fait d'un grand rongeur, tel que le *Trogontherium* dont une machoire avait été trouvée dans le même endroit. Confirmé dans ses doutes par cette expérience, il attendait, comme M. de Quatrefages en France (1), que la découverte des haches ou des flèches qui avaient produit les stries et incisions de Saint-Prest vînt lui permettre de se prononcer dans la question.

La découverte demandée ne se fit pas attendre. Le 7 janvier 1867 M. l'abbé Bourgeois, l'explorateur de Thenay, l'annonçait dans les termes suivants à l'Académie des sciences .

« M. J. Desnoyers a publié, le 8 juin 1863, un mémoire ayant pour but de prouver qu'il existe, à la surface des

pendant le charriage des cailloux roulés au milieu desquels ils se sont trouvés confondus, lorsque le préparateur de paléontologie à l'École des mines est venu me donner l'explication qui précède. » — *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 22 juin 1863.

(1) *Revue des cours scientifiques*, 5 sept. 1865.

ossements du gisement de Saint-Prest, des incisions produites par la main de l'homme. Sir Charles Lyell, après un examen sérieux et impartial de la question, n'ose pas formuler une opinion, demandant pour se prononcer des *preuves d'un ordre plus élevé*, savoir la présence d'ustensiles en pierre. Ces témoignages que réclame l'illustre géologue, je crois les avoir trouvés. Je n'ai pas rencontré, il est vrai, la forme classique de Saint-Acheul et d'Abbeville, mais j'ai pu recueillir à tous les niveaux les types les plus communs tels que têtes de lance ou de flèche, poinçons, grattoirs, marteaux, etc. L'un de ces instruments paraît avoir subi l'action du feu. Les silex taillés des sables et graviers de Saint-Prest sont très grossiers et présentent la ressemblance la plus frappante avec ceux que j'ai signalés dans le diluvium de Vendôme (1). »

Tels sont les faits relatifs au gisement de Saint-Prest. Prouvent-ils que l'homme a vécu dans les temps pliocènes ? Un certain nombre de naturalistes l'ont prétendu ; mais pour qu'il en fût ainsi, il faudrait que les trois questions que nous nous sommes posées à l'occasion des silex de Thenay fussent, toutes les trois, résolues affirmativement ; il faudrait établir d'une façon indubitable :

1° l'âge pliocène du terrain ; 2° le synchronisme originaire du terrain et des silex qui en proviennent ; 3° la réalité de l'action humaine sur ces silex, aussi bien que sur les ossements trouvés dans la même localité.

La première question, concernant l'âge géologique des sables et graviers de Saint-Prest est loin d'être entièrement résolue. Des trois caractères auxquels l'on a habituellement recours pour classer un terrain, aucun n'est ici nettement indiqué. Le caractère *stratigraphique* fait totalement défaut ; car les sables reposent directement sur la craie, laquelle forme, on le sait, l'étage supérieur des terrains secondaires, et ils sont recouverts par une sorte de lehm

(1) *Comptes rendus*, 1867.

qui appartient, sinon à l'ère actuelle, du moins aux derniers temps de l'époque quaternaire. Donc, en se plaçant au seul point de vue de l'ordre de superposition des strates, le gisement de Saint-Prest pourrait tout aussi bien appartenir au tertiaire inférieur, au tertiaire moyen ou même au quaternaire qu'au pliocène ou tertiaire supérieur.

Le caractère *minéralogique* est peu sûr pour la détermination des terrains. Il constitue cependant une *probabilité* en faveur de leur âge géologique : à ce titre on peut en tenir compte. Or, il tendrait à faire ranger les sables de Saint-Prest parmi les dépôts quaternaires. Véritables terrains de transport et considérés comme tels par tous les géologues, ces sables participent de l'aspect extérieur et de la nature du *diluvium* proprement dit avec lequel il est difficile de ne pas les confondre.

Aucun de ces deux premiers caractères n'annonce, on le voit, que nous ayons affaire au terrain pliocène. Le troisième, le caractère *paléontologique* l'indique-t-il davantage ? Il est facile de se convaincre qu'il n'en est rien.

Aucun des mammifères que nous avons précédemment cités, sur l'autorité d'un géologue français, comme les plus *caractéristiques de la faune pliocène* ne se retrouve à Saint-Prest. Ceux que l'on a découverts dans cette localité sont, d'après M. Lartet, les suivants : *Elephas meridionalis ; Rhinoceros etruscus* (d'après Falconer) ; *Hippopotamus major*, genre de pachyderme assez mal caractérisé ; *Equus arnensis*, espèce du genre cheval représentée dans le val d'Arno (Italie) ; *Cervus Carnutorum* (d'après Laugel), sorte d'élan peu différent de l'élan actuel ; deux autres espèces non déterminées du genre cerf ; un bœuf à formes élancées ; un grand rongeur, celui qui, d'après Lyell, aurait produit sur certains ossements les stries et empreintes diverses qu'on y remarque, le *Trogontherium Cuvieri* ou *Conodontes Boisvilletti* de M. Laugel. Aucune de ces nombreuses espèces, répétons-le, n'est donnée comme caractérisant véritablement l'étage pliocène. La plus commune, peut-être, et la mieux caracté-

risée est l'*Elephas meridionalis ;* or, dit M. Vézian, que nous citons ici comme l'un des représentants les plus autorisés de la science géologique contemporaine, « le genre *Elephas* n'existait pas encore pendant l'époque pliocène (1). »

Nous n'ignorons pas que beaucoup de géologues ont actuellement une opinion contraire et rangent parmi les espèces essentiellement pliocènes celles que nous venons d'énumérer ; mais cela tient précisément à ce que, considérant *à priori* ou sur l'autorité de quelques auteurs le gisement de Saint-Prest comme appartenant à cet âge, ils en sont venus à prendre les fossiles de ce gisement comme les représentants typiques de la faune pliocène. Ils tournent, on le voit, dans un cercle vicieux ; ils essayent de déterminer l'âge du terrain par celui des fossiles qu'il renferme, alors que ce dernier n'a lui-même été déterminé que par l'âge présumé du terrain. Ce n'est pas ainsi que procède le géologue qui tient à éviter toute erreur. Il prend pour type une couche bien caractérisée et selon que les autres présentent avec elle plus ou moins d'analogie, il en conclut qu'elles sont ou ne sont pas du même âge que cette couche. Or si l'on applique ce procédé à la détermination du gisement de Saint-Prest, il est impossible d'arriver à le ranger dans le tertiaire supérieur. Sa faune n'offre pas la moindre analogie avec celle des terrains franchement pliocènes et depuis longtemps reconnus comme tels. Ressemble-t-elle davantage à la faune quaternaire ? A vrai dire, elle s'en distingue par ses espèces (2) ; mais elle s'en rapproche par ses genres qui tous, semble-t-il, appartiennent à la dernière des époques géologiques, tandis qu'un seul se retrouve parmi les animaux caractéristiques de l'étage pliocène, le genre Rhinocéros.

Par les trois caractères que nous venons de passer ra-

(1) — *Prodrome de géologie*, III, p., t. 711. Pour M Paul Gervais (*De l'ancienneté de l'homme*) l'Éléphant méridional représente également, non le tertiaire, mais le quaternaire le plus ancien.

(2) M. de Mortillet avoue cependant que l'*Elephas meridionalis* a pu vivre en Italie à l'époque quaternaire. Et pourquoi pas également en France ?

pidement en revue, par sa position stratigraphique, par sa constitution minéralogique, par la nature de ses fossiles, le gisement de Saint-Prest se distingue nettement des terrains pliocènes. Il n'a avec ces derniers aucun trait de ressemblance. Il se rapproche au contraire des dépôts quaternaires par deux de ses caractères. Sa faune, il est vrai, n'est pas franchement quaternaire, mais ce n'est pas là un obstacle à son identification avec celle de ces terrains ; car alors comme aujourd'hui, elle était loin, sans doute, d'être uniforme. Chaque localité, celle de Saint-Prest comme les autres, pouvait avoir ses types spéciaux, ses animaux caractéristiques, différents de ceux qui vivaient à la même époque sur d'autres points du globe.

Or, s'il est probable sinon certain que les sables de Saint-Prest appartiennent à l'époque quaternaire, il y a moins lieu d'être surpris que l'on y trouve des traces de l'homme. Nous pourrions donc nous dispenser de répondre aux deux autres questions que nous nous sommes posées, à savoir si les silex et les ossements incisés sont du même âge que les couches d'où ils proviennent et, en second lieu, si les entailles et autres indices de travail qu'ils présentent doivent bien être attribués à l'action de l'homme. Nous en dirons un mot, cependant.

Pas plus ici qu'à Thenay la contemporanéité des silex et des couches qui les recèlent ne parait douteuse. La tendance qu'ont, en général, les corps pesants à pénétrer dans un sol meuble et détrempé doit, il est vrai, mettre en garde contre les conclusions trop hâtives que l'on serait tenté de déduire de leur coexistence au sein d'une même couche avec des objets plus légers et, par suite, peut-être beaucoup plus anciens ; mais ici, vu le nombre des silex travaillés ou non, vu la nature du sol qui les recèle, une telle pénétration n'est nullement admissible. Tous ceux qui ont visité les sablonnières de Saint-Prest le comprendront.

Il y aurait plutôt lieu de se demander si les sables de

Saint-Prest n'ont point été l'objet d'un remaniement quelconque qui aurait eu pour résultat de confondre des produits récents de l'industrie humaine avec des ossements d'animaux depuis longtemps disparus. L'on comprendrait, par exemple, que les courants diluviens qui ont creusé la plupart de nos vallées eussent arraché aux couches préexistantes les restes organisés qu'elles contenaient pour les abandonner ensuite mélangés confusément avec les débris caractéristiques d'un âge postérieur. Mais nous ne voulons point insister ici sur cette considération purement conjecturale. Elle montrera toutefois combien sont nombreuses, en pareille matière, les causes d'erreur et avec quelle prudence doit procéder le géologue, s'il veut aboutir à des conclusions certaines.

Il est à peine besoin de revenir sur l'origine des stries et des entailles observées sur les ossements de Saint-Prest; les faits que nous avons rapportés montrent combien il règne, à cet égard, d'incertitude. L'on sait avec quelle défiance furent accueillies les conclusions de M. Desnoyers et comment l'illustre géologue anglais Lyell obtint, par la morsure de certains rongeurs, des incisions analogues à celles qu'on lui avait présentées en France comme accusant, de la façon la plus manifeste, l'action de l'homme. Or, puisque l'on a trouvé à Saint-Prest les débris d'un rongeur et qu'on n'y a rien découvert au contraire qui décelât la présence certaine de l'homme, n'est-il pas naturel d'attribuer, au premier, de préférence au second, un acte qui peut être également le fait de l'un et de l'autre?

Il n'est pas à croire cependant que toutes les stries et empreintes observées à Saint-Prest aient une même origine. Quelques-unes, de l'avis même de M. Desnoyers, s'expliquent mieux par le charriage auquel les ossements semblent avoir été soumis en même temps que les sables et graviers qui les enveloppent.

Quant aux silex découverts dans ce gisement en 1867, ils sont, d'après M. l'abbé Bourgeois lui-même, d'un tra-

vail très grossier, plus grossier même que ceux de Thenay, et certes ce n'est pas peu dire. De l'aveu du même savant, si leur taille a été moins contestée, c'est qu'ils ont moins attiré l'attention, et cela sans doute parce qu'ils entraînaient des conséquences moins graves au point de vue de l'âge de l'homme. Nous avouons pour notre compte avoir en vain cherché des traces d'une action humaine sur ces vulgaires cailloux et nous sommes convaincu que quiconque examinera ces silex d'un œil non prévenu n'en découvrira pas plus que nous. Nous ne doutons nullement de la sincérité des archéologues qui y voient la main de l'homme ; mais leur est-il bien possible de se soustraire complètement à l'influence, le plus souvent inconsciente, qu'exerce toujours une nouvelle doctrine sur ses premiers adeptes? On l'a dit, non sans raison : nul n'est bon juge dans sa propre cause.

Une découverte qui n'a pas fait moins de bruit que la précédente, et qui tendrait également à reporter l'existence de notre espèce jusqu'à la période pliocène, est celle de l'homme fossile ou plutôt des hommes fossiles trouvés à Denise près du Puy, en Velay (1).

En 1844, un naturaliste du pays, M. Aymard, annonça qu'il venait d'acquérir au musée du Puy un bloc de pierre dans lequel se trouvaient comme enchâssés divers ossements humains ayant appartenu à deux individus, l'un jeune, l'autre adulte. Ce bloc avait été trouvé en son absence, mais sur ses indications, au pied sud-ouest de la montagne de Denise. Il provenait d'une brèche volcanique, sorte de conglomérat composé de fragments angulaires de scories et de laves empâtés dans un limon argileux. Les

(1) Auteurs consultés : *Bull. de la Soc. géol.*, XVI, p. 106 ; XVII, p. 138-229 ; XVIII, p. 413 ; — *Revue scient.*, I, p. 137 ; XI, p. 1056 ; — Lyell, *Ancienneté de l'homme*, p. 214-219 ; — Vézian, *Prod. de géol.*, III, p. 341 ; — *Les Mondes*, XXVIII, p. 134 ; — *Comptes rendus du Cong. de 1872 pour l'avanc. des sc.*, p. 780 ; — Zaborowski-Moindron, *loc. cit.*, p. 93.

os, pour la plupart brisés, gisaient sans ordre dans le tuf volcanique. Tout prouvait qu'ils étaient contemporains de ce tuf; mais comment établir l'âge de ce dernier?

Nul débris d'animal n'accompagnait ceux de l'homme. Cependant, en contournant la montagne, le même naturaliste découvrit au nord-est, c'est-à-dire sur le versant opposé, des ossements qu'il jugea appartenir à des espèces éteintes et même tertiaires, telles que l'*Elephas meridionalis*, l'*Hippopotamus major* et plusieurs mastodontes. L'analogie qu'il observa dans la constitution minéralogique des deux gisements lui fit admettre leur contemporanéité et, par suite, celle des êtres dont ils contenaient les restes.

Cette conclusion était prématurée. Dans un pays où, selon la remarque de M. d'Archiac (1), l'on manque de niveau stratigraphique nettement déterminé auquel on puisse se reporter, ce n'est qu'après avoir comparé avec soin chaque ensemble de dépôts et de faunes que l'on peut se hasarder à établir un synchronisme. Les divers conglomérats volcaniques qui recouvrent la montagne sont tellement incohérents, tellement discontinus, qu'il est très difficile de les relier entre eux.

Aussi la découverte des hommes fossiles de Denise fut-elle tout d'abord vivement contestée. On ne se contenta pas de rejeter l'interprétation qu'en donnait le savant naturaliste du Puy; on alla jusqu'à nier l'authenticité des prétendus anthropolithes. L'on en attribua la fabrication à un adroit industriel que l'on avait surpris, disait-on, en flagrant délit de fabrication d'un nouveau bloc.

M. Aymard répondit à ses contradicteurs que des imitations plus ou moins grossières des fossiles de Denise avaient pu être fabriquées, mais qu'il n'en résultait pas que le premier bloc, celui du musée du Puy, ne fût pas authentique. Or, le *facies* du bloc et ses caractères excluaient toute idée de falsification. Cet échantillon présentait des assises régu-

(1) *Revue des cours scientifiques*, 20 février 1864.

lières de cendres argiloïdes et de brèches volcaniques semblables à celles du gisement d'où il provenait (1).

Les membres du Congrès scientifique qui se tint au Puy en 1856 purent se convaincre par eux-mêmes de la vérité de cette assertion. Non contents d'admettre la réalité de la découverte et l'authenticité des squelettes humains, quelques-uns de ces naturalistes affirmèrent de plus qu'il fallait, comme conséquence, admettre la contemporanéité de l'homme et de l'*Elephas meridionalis*.

Des recherches postérieures, dues à des savants d'une incontestable autorité, sont venues réduire à sa juste valeur la découverte de Denise. C'étaient, en 1859, MM. Hébert et Lartet qui, après un examen attentif, « crurent reconnaître, dit M. de Quatrefages, les traces d'une sépulture postérieure à la formation des tufs volcaniques sur le point où les ossements ont été recueillis. Il est donc sage, ajoute le savant anthropologiste, de n'en tenir compte qu'avec la plus grande réserve dans la discussion des problèmes soulevés par les études anthropologiques relatives à cet âge (2). »

La même année, deux savants géologues anglais, MM. Poulett Scrope et Lyell visitèrent également la montagne de Denise. « Un paysan, dit l'illustre auteur de l'*Ancienneté de l'homme*, nous raconta comment il avait lui-même, de ses mains, extrait les échantillons dans sa propre vigne, à peu de distance du sommet du volcan. » Lyell ajoute que sur les indications de ce paysan il fit faire de nouvelles fouilles, en continuation de celles de MM. Hébert et Lartet, dans l'espoir de vérifier la position exacte des fossiles ; mais il n'eut pas plus de succès que ses prédécesseurs. « Nous ne pûmes même pas, dit-il, trouver *in situ* aucun morceau exactement semblable à la pierre du musée du Puy (3). »

(1) *Bulletin de la Société géologique*, séance du 11 janvier 1847.
(2) *Journal des savants*, 1871.
(3) Lyell, *L'Ancienneté de l'homme*, 2e édition française, p. 215.

L'insuccès de ces recherches n'était guère de nature à confirmer la découverte primitive d'ossements humains. Sir Charles Lyell croit pourtant à l'authenticité de ces ossements ; mais il n'admet pas que la roche qui les contient soit contemporaine de celle du nord-est où l'on a rencontré l'*Elephas meridionalis* et l'*Hippopotamus major*. Il la considère, avec M. Félix Robert, comme le produit de la dernière éruption du volcan, tandis que le tuf à faune tertiaire aurait été formé à une époque plus reculée et se rattacherait à la montagne voisine de Sainte-Anne, volcan plus dénudé et, selon toute apparence, plus ancien que celui de Denise.

Nous pouvons donc admettre la parfaite authenticité des ossements humains de Denise sans être obligé pour cela de reconnaitre l'existence de l'homme à l'époque pliocène. Tout annonce, en effet, que le tuf volcanique d'où ils proviennent est d'origine récente. La Denise, dit en résumé M. Aymard lui-même, est sans contredit l'un des volcans les moins anciens du Velay, comme l'attestent la fraicheur et la netteté des arêtes des matières scorifiées qui en sont sorties. Ce qui le prouve encore, c'est que les laves vomies par le volcan ont recouvert des alluvions composées de sables et de cailloux roulés, sans doute quaternaires, et qu'elles ont coulé sur le flanc de la colline jusque sur les rives d'une petite rivière, appelée la Borne, qui n'a pas depuis ce temps sensiblement creusé ni élargi son lit.

Les dernières éruptions de la montagne de Denise sont donc de beaucoup postérieures à la période tertiaire : les débris de la flore contemporaine le prouvent aussi bien que l'aspect et la constitution minéralogique du sol. Les arbres qui vivaient alors dans le Velay étaient ceux que l'on y trouve aujourd'hui. Il en est de même des mollusques. La température a donc peu varié depuis cette époque, et c'est une nouvelle confirmation de l'origine récente des brèches volcaniques.

Mais ne pourrait-on pas préciser davantage et fixer la

date même de l'ensevelissement des ossements humains? On l'a à peine essayé jusqu'ici. C'est que l'opinion universellement répandue parmi les géologues, que les éruptions de nos volcans français ont cessé bien antérieurement aux temps historiques, avait pour résultat de faire considérer comme inutile toute recherche à cet égard. Et cependant l'un de nos auteurs latins de la décadence, Sidoine Apollinaire, nous apprend en termes très clairs que de son temps, c'est-à-dire vers la fin du vme siècle, une région voisine de celle qu'il habitait était désolée par des éruptions volcaniques.

Dans une lettre à saint Mamert, archevêque de Vienne, qu'il félicite d'avoir institué les *Rogations* pour mettre fin aux maux de toutes sortes qui accablaient son diocèse, l'illustre prélat, alors évêque de Clermont, range au nombre des calamités qui ont provoqué cette mesure, des tremblements de terre et *des éruptions souvent accompagnées de flammes qui ensevelissaient les sommets des collines sous une montagne de cendres* (1). Il y avait donc dans le voisinage des volcans en activité.

Or l'on sait, d'une part, que la montagne de Denise se trouve précisément dans la contrée indiquée, presque à égale distance de Clermont et de Vienne. L'on sait, d'autre part, que cette montagne a été en éruption à une époque relativement récente, alors que tous les autres volcans des environs étaient probablement éteints. N'est-il pas naturel et parfaitement légitime de conclure de ce rapprochement que les éruptions auxquelles Sidoine Apollinaire fait allusion doivent être attribuées à ce volcan, et que ce sont elles qui ont enseveli les ossements humains dont la découverte a si fort intrigué les savants (2)?

(1) « Modo scenæ mœnium publicorum crebris terræ motibus concutiebantur; nunc ignes sæpe flammati caducas culminum cristas superjecto favillarum monte tumulabant. » — *Sidonii Apollinaris opera*, Lib. VII, Epist. I.

(2) Ces éruptions récentes des volcans du Vivarais n'ont point si complètement échappé à l'attention des savants, que nous le supposions lorsque les

On le voit, loin de remonter à l'époque tertiaire ou quaternaire, les prétendus anthropolithes de Denise ne se rattacheraient pas même aux temps préhistoriques. Ils seraient modernes, et dateraient de quatorze siècles à peine. Nous sommes loin des milliers de siècles que des géologues croyaient devoir leur attribuer !

Parmi les découvertes relatives à l'homme pliocène que l'on a faites en France, celles que nous venons de rapporter, — ossements et silex de Saint-Prest, homme fossile de Denise, — sont les seules qui aient eu quelque retentissement. Elles méritaient à ce titre d'être étudiées à part et soumises à un examen attentif. Celles qu'il nous reste à décrire n'ayant été l'objet d'aucun contrôle ni d'aucune discussion sérieuse, nous nous contenterons de les passer en revue, sans insister sur leur peu de valeur relativement à la théorie qu'elles ont pour but d'appuyer.

Une note de M. Trémaux, insérée dans les *Mondes* en 1867, annonçait la découverte d'un aqueduc évidemment fait de main d'homme, au-dessous d'ossements de mastodontes et d'autres mammifères réputés tertiaires. Des fouilles pratiquées à Chagny (Saône-et-Loire), dans la vallée de la Dheune, ponr y établir une remise de chemin de fer, nous valurent cette intéressante découverte.

L'aqueduc est enfoui à une faible profondeur dans une couche argileuse surmontée d'épais dépôts de sables ferrugineux dans lesquels ont été trouvés les ossements de proboscidiens. Il a dû être construit à une époque où une partie des terrains supérieurs existait déjà, car la tranchée creusée pour sa construction a été à moitié remplie par un dépôt sablonneux. « Mais la généralité des couches supérieures, dit M. Trémaux, appartient à des dépôts posté-

lignes qui précèdent ont été écrites; M. James Southall en fait mention (*Recent origin of man* p. 80) et deux revues anglaises le *Quarterly Review* et le journal *Nature* en avaient parlé avant lui.

rieurs qui n'ont pas été dérangés pour construire cet aqueduc. Quant à sa construction par tunnel, elle n'est pas admissible par ce fait que la tranchée débouche sous la couche sablonneuse qui n'aurait pu lui servir de plafond. Des glissements de terrain ne semblent pas non plus admissibles dans la situation où se trouvent ces dépôts. »

Ils sont donc selon toute apparence postérieurs à la construction de l'aqueduc ; mais les espèces animales dont ils contiennent les restes, le sont-elles également? M. Trémaux ne le pense pas. « *Les fossiles*, dit-il, *peuvent et même doivent avoir été déposés dans ces couches par un remaniement de différents terrains que renferme la vallée de la Dheune.* » Si l'on remonte, en effet, le cours de la rivière, « on rencontre, sur les points de cette vallée les plus resserrés ou exposés à la violence des courants, des monticules plus ou moins coupés par les érosions. Et cette vallée nous offre précisément une succession de formations primitive, houillère, jurassique, tertiaire, etc., « *qui paraissent avoir fourni la matière du dépôt de Chagny.* »

Comme confirmation de cette conjecture concernant l'origine des couches sablonneuses de Chagny, M. Trémaux observe qu'elles sont situées à droite de l'embouchure et précisément au point où l'eau devait former un remous et déposer, par conséquent, les sables et matières terreuses qu'elle tenait en suspension. « Seulement, ajoute le savant et consciencieux observateur, *il faut admettre une puissante inondation dont celles de nos jours ne peuvent nous donner une idée ;* car le sommet arrondi de ces dépôts n'atteint pas moins de 15 mètres de hauteur ; ses pentes s'en vont en déclivité de toutes parts, à l'exception du côté qui touche au mamelon calcaire à l'abri duquel il s'est formé....

» En résumé, conclut M. Trémaux, par un examen géologique indépendant de toute autre préoccupation, les découvertes paléontologiques de Chagny donnent à l'homme de grandes probabilités d'ancienneté, mais ne nous permettent pas de faire avec certitude remonter son origine

jusqu'à l'époque tertiaire, puisque les dépôts contenant ces débris semblent être formés par le remaniement des terrains plus anciens et que la disposition même de ces débris *accuse l'action d'un déluge, d'une sorte de cataclysme* (1). »

Nous n'avons rien à ajouter à cette sage conclusion de l'auteur. Observons seulement en passant que ces traces de puissantes inondations, de courants diluviens qu'il constate à Chagny, se retrouvent, pour qui veut bien les y voir, dans toutes les contrées du globe. Nos alluvions anciennes sont-elles donc autre chose?

Deux ans après la découverte qui précède, c'est-à-dire en 1869, dans une communication à l'Académie des sciences concernant les silex taillés des terrains de Paris, M. Reboux signalait la présence de quelques-uns de ces silex parmi des ossements d'*Halitherium* et de *Trogontherium*, mammifères qui vivaient à l'époque tertiaire (2). S'ensuit-il que l'homme ait vécu à cette époque? Personne assurément n'oserait tirer cette conclusion d'un fait isolé qui peut s'expliquer avec plus de vraisemblance de mille autres manières.

Signalons en dernier lieu parmi les découvertes qui ont été faites en France celle d'un silex grossièrement travaillé trouvé près de Melun, au-dessous d'un bloc erratique. Dans une note communiquée en 1871 au Congrès de Bologne, M. Roujou, auteur de cette découverte, dit qu'il considère comme pliocène le terrain d'où provient son silex. « Mais il est difficile, dit avec raison M. Cazalis de Fondouce, secrétaire du Congrès, d'avoir la certitude qu'il n'y a pas eu de remaniement et il me semble que M. Roujou ne regarde pas lui-même l'âge de ces silex comme parfaitement déterminé (3). »

Les prétendues découvertes relatives à l'homme pliocène

(1) *Les Mondes*, 15 décembre 1867.
(2) *Comptes rendus*, août 1869.
(3) *Revue scientifique*, 5 déc. 1871.

ne se bornent pas à la France, bien que notre pays soit plus riche que tous les autres en faits de cette nature. Si, par exemple, nous passons en Italie, nous nous trouvons en présence d'un fait nouveau qui, s'il était réel, aurait également pour conséquence de reporter jusqu'aux temps tertiaires la date de l'apparition de notre espèce en Europe.

Il existe dans l'intérieur de Savone une petite colline connue sous le nom de *Colle del vento* (1); des argiles grises ou jaunâtres, quelquefois mêlées à du sable, la constituent. On y a trouvé, en même temps que des ossements de rhinocéros, un certain nombre de coquilles marines dont la moitié à peine se rapportent aux espèces actuelles. Cette proportion entre les espèces vivantes et les espèces éteintes a fait ranger ce terrain dans l'étage pliocène.

C'est dans ces couches argilo-sableuses que l'on a découvert vers 1856, à trois mètres de profondeur, un fragment de crâne et quelques autres ossements humains. Malheureusement les personnes, sans doute fort étrangères à la science, qui se trouvaient présentes au moment de leur extraction, ne s'occupèrent pas de savoir si le terrain d'où ils provenaient présentait ou non des traces de remaniement; de sorte que la date de leur enfouissement est loin d'être déterminée. C'est à cette absence de données suffisamment précises qu'il faut attribuer la défaveur avec laquelle cette découverte a été généralement accueillie en France. Un anthropologiste, pourtant fort peu difficile en pareille matière, M. Hamy, s'appuyant principalement sur ce que les ossements humains sont beaucoup mieux conservés que ceux d'animaux en compagnie desquels ils se trouvent, considère comme probable que l'homme de Savone « a été inhumé dans le dépôt où on l'a découvert, à une date bien postérieure à celle de la formation à laquelle l'ont rattaché, sans preuve suffisante, quelques naturalistes (2). »

(1) *Matériaux*, VI, p. 167; — Hamy, *Anthropologie humaine*, p. 63-67; — *Revue scientifique*, VII, p. 270; VIII, p. 570; — Zaborowski-Moindron, p. 95.

(2) *Précis de Paléontologie humaine*, p. 67.

Admettons cependant la parfaite authenticité des ossements de Savone ; supposons qu'ils soient vraiment contemporains de la couche à coquilles marines qui les recélait : la cause de l'homme pliocène ne sera pas gagnée pour cela. Il restera à déterminer d'une façon nette et précise l'âge du gisement. Pour le ranger dans le pliocène, l'on s'est appuyé uniquement sur le caractère paléontologique ; or nous avons vu déjà combien ce caractère est trompeur. Les modifications qu'éprouve la faune sur les divers points du globe sont loin d'être constantes et uniformes. Les espèces peuvent se succéder rapidement en un lieu donné, en raison peut-être des variations de température ou des bouleversements qui affectent cette contrée, alors que, sous un climat plus égal ou sur un sol moins troublé, elles se perpétueront pendant plusieurs époques successives. Pour que le gisement de Savone appartienne à l'époque quaternaire, il suffit donc que les coquilles qui vivaient sur ce point de la mer pliocène, au lieu de disparaître avec cette période, aient prolongé leur existence en ce lieu jusqu'à une époque avancée des temps quaternaires. Dans ces conditions, en effet, leurs débris se seront naturellement trouvés ensevelis dans les terrains appartenant à ce dernier âge, de façon à induire aujourd'hui en erreur le géologue assez imprudent pour asseoir sa classification sur une base aussi fragile que les données paléontologiques.

Le doute ne porte pas seulement, on le voit, sur l'authenticité du squelette de Savone ; il porte aussi bien sur l'âge des terrains dans lesquels on l'a trouvé.

Ajoutons que des études récentes ont montré que les caractères anatomiques de ce squelette étaient ceux des Ligures historiques, ce qui ne tend pas à confirmer la prodigieuse antiquité que quelques-uns lui attribuent (1).

Une découverte de même nature, faite également en

(1) *Revue scientifique*, 9 déc. 1871 ; *Revue des cours scientifiques*, 26 mars 1870 ; Zaborowski-Moindron. *De l'ancienneté de l'homme*, p. 25.

Italie, a été communiquée par son auteur au Congrès d'archéologie et d'anthropologie préhistoriques de Buda-Pesth, en 1876 (1). Au mois d'octobre 1875, M. Capellini, professeur à l'Université de Bologne, s'étant rendu à Sienne pour y continuer ses recherches sur les terrains tertiaires du voisinage, découvrit à Poggiarone, près de Monte Aperto, des ossements de baleine portant des incisions. La baleine était le genre *Balænotus* jusqu'alors signalé seulement dans le crag gris d'Anvers, et le terrain, s'il faut en croire l'auteur de la découverte, appartient certainement à l'âge pliocène.

L'on pourrait peut-être contester ce dernier point et cela avec d'autant plus de raison que, de l'aveu même de M. Capellini, presque tous les genres et la plupart des espèces de poissons qui vivent actuellement dans la Méditerranée sont représentés dans l'étage à ossements striés ; mais nous n'avons pas besoin d'aller jusque-là. Le côté sérieux de la question est de savoir si les entailles signalées sont le fait de l'homme ; or nous ne pensons pas que l'on parvienne à l'établir.

S'il faut en croire M. Capellini, la baleine par lui découverte aurait échoué sur le rivage d'une île alors que l'Italie n'était encore représentée que par un archipel, absolument comme aujourd'hui d'autres cétacés viennent échouer sur les plages de la Méditerranée. Puis l'homme serait venu qui, à l'aide de couteaux en silex, aurait essayé de dépecer l'animal. Assurément la chose n'est pas impossible, mais elle est assez peu probable. Le savant professeur de Bologne nous semble le reconnaître lui-même, lorsqu'il nous dit que l'homme a pu produire ces incisions à l'aide des dents de poissons alors existants. Si l'homme pouvait le faire, pourquoi les poissons eux-mêmes, naturellement armés de la sorte, en eussent-ils été incapables ? Certes, ce n'est pas la

(1) *Revue anthropologique*, 1877, 3e liv. ; *Matériaux*, année 1876, p. 232. *Correspondant. L'homme tertiaire*, par le Mis de Nadaillac.

force qui leur manque et il n'est pas contestable que parfois ils n'aient produit de semblables incisions.

Tel a été l'avis de M. Evans et de plusieurs membres du Congrès de Pesth auxquels M. Capellini a soumis ses échantillons, et nous ne croyons pas que l'auteur de la découverte ait répondu aux objections qui lui ont été présentées. Après tout, ces entailles ne nous semblent pas différer extrêmement de celles qui ont été signalées par MM. Laussedat et Delaunay sur des os miocènes, et si ces dernières sont le résultat soit d'une morsure de squale, soit d'une action mécanique, pression ou frottement, nous ne voyons pas pourquoi il n'en serait pas de même des autres.

M. Cazalis de Fondouce, secrétaire du Congrès, s'est exprimé dans ce sens. « Notre savant confrère et ami nous permettra, dit-il, de lui rappeler qu'on a reconnu que les incisions de l'Halitherium de Pouancé ont été faites par le *Carcharodon megalodon;* les stries et entailles des ossements des faluns de Léognac, par le *Sargus serratus*, celles des ossements de Saint-Prest, par le *Conodontes Boinsviletti*. Ne reconnaîtra-t-on pas plus tard de même aux entailles de la baleine du Monte Aperto, une cause naturelle, indépendante de l'homme (1) ? »

C'est aussi l'avis de M. l'abbé Bourgeois qui, comparant ces ossements incisés à ceux de Pouancé, s'est exprimé de la sorte : « Je les ai étudiés d'après des figures et des moulages que M. Capellini a eu la bonté de m'envoyer, et je suis obligé de dire que je ne vois là également que le travail d'un squale (2). » Une expérience récente est venue confirmer cette opinion. A l'aide d'un rostre d'espadon, M. le docteur Magitot a produit sur des côtes fraîches de baleines des incisions toutes semblables à celles que l'on nous donne comme étant nécessairement l'œuvre de l'homme. Il a fait plus : il a essayé de les produire avec des silex attribués à

(1) *Matériaux*, XI, année 1876, p. 233.

(2) *Revue des questions scientifiques*, année 1877, 4e liv. p. 565.

l'époque tertiaire et avec des haches de Saint-Acheul, mais sans pouvoir y parvenir. Aussi M. Capellini, qui a de nouveau présenté ses silex au Congrès de Paris, en 1878, n'y a-t-il guère rencontré que des incrédules.

Il serait inutile d'insister davantage. L'observation que nous avons faite au sujet des ossements de Saint-Prest trouve encore ici sa place. Les incisions que l'on nous présente peuvent être également le fait de l'homme et d'un animal. De quel droit les attribue-t-on au premier de préférence au second, alors que l'existence de l'un à cette époque est plus que douteuse, tandis que celle de l'autre est certaine ?

On a signalé en outre comme se rapportant à la période pliocène ou plutôt à des temps intermédiaires, à une époque de transition entre cette période et la suivante, des ossements et divers produits de l'industrie humaine découverts en Suède.

Lorsque, en 1819, l'on creusa le canal destiné à faire communiquer le lac Mælar avec la Baltique, on rencontra à Sœdertelge, ville située à 25 kilomètres au sud de Stockholm, les ruines d'une hutte de pêcheurs à l'intérieur de laquelle se voyait un foyer formé d'une rangée circulaire de pierres entourant des cendres et des charbons (1). Cette cabane était construite en bois sur fondations de pierres. Elle se trouvait enfouie, au dire de Lyell, à dix-huit mètres de profondeur dans des couches argilo-sableuses évidemment formées au sein d'eaux marines ou saumâtres, — probablement à l'embouchure d'un fleuve, — comme l'attestait la nature des coquilles que l'on y rencontra.

Pour expliquer l'enfouissement de cette hutte, Lyell a recours à des oscillations du sol. Bâtie primitivement sur le

(1) Lyell, *Principes de géologie*, II, p. 240. — *L'ancienneté de l'homme*, p. 265 ; — Hamy, *Paléont. hum.*, p. 126 ; — *Revue scientif.*, XIV, p. 370 ; — *Matériaux*. IX, p. 246 ; XI, p. 53 ; — *Études religieuses*, Janvier, 1875.

bord de la mer, la cabane se sera dans la suite trouvée ensevelie sous les eaux pendant un temps assez considérable et à une profondeur suffisante pour que les épaisses couches qui la recouvrent aient pu se déposer. Une semblable submersion ne peut avoir d'autre cause que l'affaissement de la terre ferme. Elle ne peut s'expliquer par une élévation du niveau de la mer ; car, cet exhaussement des eaux, s'il avait eu lieu quelque part, eût été général ; or il y a plusieurs points du littoral de la Baltique où l'on peut prouver qu'aucun changement de niveau ne s'est produit depuis des siècles. La terre ferme, au contraire, peut éprouver diverses oscillations sur un point donné sans que les contrées voisines en soient aucunement affectées. Ce phénomène est donc le seul qui puisse rendre compte de l'ensevelissement de la hutte de Sœdertelge. Le rivage de la mer se sera affaissé ; les eaux l'auront recouvert à une grande profondeur ; des couches de sables et d'argile s'y seront déposées et, lorsque l'épaisseur de ces couches aura eu atteint dix-huit mètres, un mouvement en sens contraire du premier aura reporté à son niveau primitif la cabane profondément enfouie dans les couches limoneuses récemment formées.

Telle est l'explication de Lyell et, en soi, elle n'est nullement inadmissible. Les phénomènes de soulèvement et d'affaissement successifs qu'elle suppose ont été constatés ailleurs et n'ont certes rien d'invraisemblable : les côtes de la presqu'île scandinave en ont précisément présenté de nombreux exemples. Mais les faits qu'ils ont pour but d'expliquer sont-ils réels ? Il est bien permis d'en douter aujourd'hui.

La question, en effet, s'est posée de nouveau au Congrès de Stockholm en 1874 et plus récemment encore à la Société d'anthropologie de la même ville (1). L'on s'est demandé si l'enfouissement s'était produit d'une façon aussi régulière

(1) *Matériaux pour l'hist. de l'homme ;* 1874, p. 246 ; 1876, p. 52.

que le suppose le géologue anglais. Un membre, M. Torrel, a prétendu que la chaumière avait été recouverte, non par des sables déposés dans la mer, mais par un éboulis provenant des flancs escarpés de la vallée. Cette interprétation, *à priori* beaucoup plus vraisemblable que la précédente, ne paraît pas avoir été combattue par les géologues suédois, les seuls à même de se prononcer dans une question de cette nature.

Il pourrait donc se faire que l'interprétation de Lyell fût totalement dénuée de fondement. Admettons-la cependant, du moins à titre d'hypothèse. Faudra-t-il en conclure que l'homme remonte en Suède jusqu'à l'époque pliocène ?

Ce serait un fait d'autant plus étrange que la civilisation paraît être en ce pays de date plus récente que dans tout le reste de l'Europe ; aussi, rien absolument ne nous autorise à l'admettre. Quoi qu'en pensent certains géologues, il n'existe aucune raison de voir dans cette formation marine le représentant, non seulement de l'étage pliocène, mais même des terrains quaternaires. Toutes les coquilles qu'elle renferme sont identiques aux espèces qui vivent encore aujourd'hui dans la mer Baltique. Mais ceux-là même qui exagèrent l'importance de l'élément paléontologique quand il semble avoir pour conséquence de reculer la date de l'apparition de l'homme, le laissent ici de côté parce qu'il aurait pour effet de ranger les dépôts en question parmi ceux de l'ère actuelle.

L'épaisseur des dépôts n'est pas non plus une preuve de leur ancienneté. D'abord, il paraît qu'elle est beaucoup moins considérable qu'on ne l'a dit. Nous avons vu que Lyell l'appréciait à 13 mètres. D'autres parlent de 15 mètres. Enfin, M. Torrel, dans l'étude récente qu'il a faite de la question, l'évalue à 34 pieds ($10^{m}10$ à peine). L'on sait du reste, avec quelle rapidité se forment les dépôts à l'embouchure des fleuves, c'est-à-dire dans des conditions analogues à celles qui ont dû présider à la formation des couches de Sœdertelge. Les deltas en sont la preuve. Le

ralentissement des eaux fluviales facilite le dépôt des matières terreuses qu'elles tenaient en suspension, et en quelques siècles, l'on voit ainsi se former des couches qui peuvent mesurer plusieurs mètres de puissance.

Ceux qui tiennent absolument à reculer jusqu'à une époque géologique fort éloignée la hutte de Sœdertelge font encore valoir le temps considérable qu'ont dû mettre à s'opérer les deux mouvements successifs d'affaissement et d'exhaussement dont ce point du globe a été le théâtre. Mais savent-ils si ces mouvements n'ont pas été subits? Ceux qui s'exécutent aujourd'hui en Suède s'effectuent, il est vrai, avec lenteur, mais Lyell observe précisément qu'aucune oscillation de ce genre n'a été constatée à Sœdertelge (1). Les mouvements qui, selon lui, ont causé tour à tour la submersion et l'émersion de cette contrée ont donc cessé. Cette interruption dans un phénomène ailleurs continu ne serait-elle pas l'indice qu'il se produit ici avec soudaineté et brusquerie, au lieu d'affecter la lenteur qui le caractérise dans les régions voisines ?

Nous pourrions admettre, du reste, qu'il se fût produit avec cette lenteur sans être obligé pour cela de lui attribuer une durée de plusieurs milliers de siècles. D'après Lyell, le taux moyen de l'élévation du sol en Suède est d'un mètre environ par siècle (2). Il suffirait donc de 2 000 ans pour expliquer l'affaissement du sol à une profondeur de 10 mètres et l'exhaussement qui en a été la suite. Ce serait à peine sortir des temps historiques.

Mais c'est déjà trop insister sur la découverte de Sœdertelge. Ni la nature des coquilles, ni l'épaisseur des dépôts, ni les oscillations du sol n'autorisent, on l'a vu, à reporter jusqu'à des temps géologiques fort reculés l'existence de l'homme en cette contrée. Il est même permis de se demander si l'affaissement auquel on a recours s'est jamais

(1) *Principes de géologie*. Paris, 1873, t. II, p. 245.
(2) *Ibid*. p. 250.

produit et, par suite, si les calculs chronologiques fondés sur cette hypothèse et acceptés sans contrôle et sans discussion pendant quarante ans ne pèchent point complètement par la base.

Une découverte qu'il faut rapprocher de la précédente, parce qu'elle a eu lieu également en Suède et qu'elle a aussi été rapportée à l'homme des temps pliocènes, est celle de Staengenaes ou du Bohüslän (1). Il s'agit de deux squelettes humains trouvés en 1843 dans des couches d'origine marine par un célèbre naturaliste suédois, M. Nilsson. Ils étaient enfouis à 89 centimètres de profondeur dans un sol qui, au dire de l'auteur de la découverte, n'avait pas subi le moindre dérangement.

« Les crânes se trouvaient à environ 50 centimètres l'un de l'autre, mais les corps allaient dans des directions opposées... Tout paraît indiquer qu'ils représentaient des individus morts violemment et qu'une partie du banc de coquillages s'était ensuite formée sur eux. Ce banc est actuellement à une hauteur d'au moins 100 pieds au-dessus du niveau actuel de la mer (2). »

Il faut donc, d'après M. Nilsson, que les cadavres aient été engloutis dans la mer à l'époque où s'y déposait le banc coquillier qui les renferme et qu'un exhaussement postérieur du sol marin les ait portés au niveau qu'ils occupent aujourd'hui, c'est-à-dire à 30 mètres d'altitude. Mais est-il bien sûr qu'ils n'aient pas été ensevelis dans les couches marines alors que celles-ci, depuis longtemps formées, se trouvaient déjà à leur niveau actuel ? M. Nilsson nous permettra d'en douter. Un enfouissement à une aussi faible profondeur (à peine trois pieds), peut laisser des

(1) Nilsson. *Les Habitants primitifs de la Scandinavie : l'âge de pierre*, 1868, p. 153 ; — Lyell, *Ancienneté de l'homme*, p. 63 ; — Hamy, *Paléont. hum.*, p. 128 ; — Zaborowski-Moindron. *op. cit.* p. 95.

(2) Nilsson, *loc. cit.*

traces assez imperceptibles pour qu'elles échappent aux yeux les plus clairvoyants.

Admettons cependant que les ossements humains soient vraiment contemporains du banc coquillier qui les enveloppe ; admettons encore, quelque raison qu'il y ait d'en douter, que l'exhaussement de ce banc à un peu plus de 30 mètres au-dessus du niveau de la mer se soit exécuté avec la même lenteur que les soulèvements observés aujourd'hui dans la même contrée, c'est-à-dire à raison d'un mètre par siècle : quelque trois mille ans suffisent pour la durée du phénomène. Ici encore nous sommes bien loin des centaines de siècles d'existence que des auteurs se plaisent à attribuer aux ossements de Staengenaes (1).

Nous devons à M. Nilsson la connaissance d'un autre fait qui tendrait également, s'il fallait en croire quelques-uns de ses interprètes, à reporter jusqu'à des temps géologiques assez reculés l'existence de l'homme en Suède (2).

Il existe à la pointe méridionale de la presqu'île scandinave, non loin de la ville d'Ystad, un ensemble d'*œsars* ou petites collines formées de sables, de graviers et de coquilles. Cette série de monticules est connue sous le nom de *Jaeravall* (rempart ou colline de Jaera). Elle recouvre une tourbière qui mesure environ trois mètres d'épaisseur. C'est au fond de cette tourbière que l'on aurait rencontré divers objets en silex, tels que pointes de flèches et de lances, couteaux, etc. « L'homme, s'est-on hâté d'en conclure, a donc vécu là bien longtemps avant la formation de la couche marine, avant la submersion du sol par la mer, avant même que la tourbe ait commencé à se déposer (3). »

(1) L'un des crânes du Bohüslän est remarquablement grand, ce qui, de l'aveu de M. Hamy, (p. 130), constitue contre le système transformiste une objection d'autant plus grave que ce n'est pas là un fait isolé.

(2) Nilsson, *Habit. prim. de la Scand.* p. 307 ; — Hamy, *Paléont. hum.*, p. 102 ; — Lyell, *Ancienneté de l'homme.* p. 265.

(3) Zaborowski-Moindron, *loc. cit.*

Or, d'après M. Hamy, la tourbière d'Ystad serait contemporaine des alluvions à *Elephas meridionalis* de France et d'Italie. L'homme, ayant précédé leur formation, appartiendrait donc véritablement à la période pliocène. Mais le synchronisme qu'admet si facilement ce naturaliste nous semble plus que contestable. M. Hamy ne signale en effet comme caractérisant les tourbières suédoises que l'ours des cavernes et le renne. « Or, dit à ce sujet M. de Quatrefages, ce dernier animal ne figure nulle part dans la faune pliocène telle que la résume M. Hamy lui-même et chacun sait qu'il accompagne, non pas l'*Elephas meridionalis*, mais l'*Elephas primigenius* et le *Rhinoceros tichorhinus*, mammifères caractéristiques de l'époque géologique suivante. Le synchronisme admis par l'auteur me semble donc pouvoir au moins être mis en doute (1). »

Ainsi, les tourbières d'Ystad correspondraient à l'époque quaternaire. Quant aux silex qu'on y a trouvés enfouis à une certaine profondeur, ils peuvent être beaucoup plus récents. Nous l'avons déjà observé , en effet, et c'est un fait aujourd'hui avéré, tous les corps pesants abandonnés à la surface des terres détrempées et surtout des tourbières ont une tendance à y pénétrer. La présence de silex taillés au sein de la tourbe ne saurait donc nous donner des indications certaines sur l'âge, même relatif, de l'homme dans une contrée.

L'âge absolu des silex du Jaeravall est plus difficile encore à établir. M. Nilsson nous parle, il est vrai, d'une époque *infiniment reculée*, antérieure à l'existence de la mer Baltique (2) ; mais tout cela est fort arbitraire, et lui-même le reconnaît implicitement lorsqu'il dit (p. 365) qu'il y a tout lieu de croire que le mouvement aujourd'hui graduel et lent de la côte de Suède s'est produit jadis irrégulièrement et par saccades. Il enlève ainsi toute base à ses calculs.

(1) *Journal des savants*. 1871.
(2) *Les Habitants primitifs de la Scandinavie*, *éd. franç.*, 1868, p. 308.

La découverte du Jaeravall nous rappelle un fait analogue qui n'est pas sans jeter sur le premier quelque lumière. Des objets d'industrie humaine ont été trouvés, il y a quelques années, sur le littoral flamand, au sein de couches tourbeuses surmontées d'un dépôt d'origine marine mesurant précisément trois mètres d'épaisseur (1). Ce dépôt marin sert aujourd'hui d'emplacement à un certain nombre de villages dont quelques-uns remontent au VIIe siècle. N'était-ce pas le cas d'appliquer les raisonnements ordinaires ! Combien de temps n'avait-il pas fallu d'abord pour que la tourbe se formât, ensuite pour que la mer, envahissant la contrée, y déposât ses trois mètres de sable, enfin pour que se produisît cet exhaussement qui fit écouler les eaux marines et permit à l'homme de venir réoccuper la localité ? Malheureusement, les objets exhumés de la tourbe portaient avec eux leur date : *c'étaient des médailles de Posthume* (261-267). Ainsi, trois ou quatre siècles au plus avaient suffi pour l'accomplissement des phénomènes que nous venons de mentionner ! De quel droit vient-on après cela exiger des milliers d'années pour l'explication des phénomènes tout semblables qui se sont produits en Suède ?

L'Europe n'offre pas seule des témoignages apparents en faveur de l'homme tertiaire ; l'Amérique, elle aussi, a fourni les siens.

En 1869, M. Whitney, directeur du *Geological Survey*, écrivait à un archéologue suisse M. Desor (2) : « Nous avons des preuves non équivoques de l'existence de l'homme sur la côte du Pacifique, antérieurement à l'époque glaciaire et à la période du mastodonte et de l'éléphant, dans un temps où la vie animale et végétale était entièrement

(1) *Congrès de Lille* ; 1874. — *Société d'Émulation des Côtes-du-Nord*, 1870 ; — *Bulletin de la Société géologique*, 1873.

(2) *Revue scientifique*. VII, p. 248, 270 ; — *Matériaux*, VII, p. 400 ; Hamy, *op. cit.*, p. 68 ; — Zaborowski-Moindron, *op. cit.*, p. 35.

différente de ce qu'elle est présentement et depuis lequel il s'est produit dans les roches dures et cristallines de la contrée une érosion verticale de 700 à 1 000 mètres. »

Or, ces *preuves* non équivoques, M. Whitney se contente de les indiquer. Elles se réduisent à un crâne humain qui fut découvert à 50 mètres de profondeur en creusant un puits, près du Camp des Anges, dans le comté de Calanines, en Californie. Au-dessus de ce crâne se trouvaient superposées, au dire du géologue américain, cinq ou six couches de laves ou plutôt de cendres volcaniques durcies qui alternaient avec des lits de graviers.

Cette découverte, on le voit, repose sur l'autorité d'un seul homme ; elle n'a été jusqu'ici l'objet d'aucun contrôle ; nul renseignement postérieur à la première communication de son auteur n'est venu la préciser : on avouera que, dans ces conditions, elle ne saurait servir de base à une théorie nouvelle.

M. Whitney, cependant, avait promis des détails. Son silence prolongé inspira des soupçons à M. de Quatrefages, qui s'en ouvrit à ses collègues du Congrès de Bruxelles en 1872. MM. Bourgeois et Desor répondirent qu'ils croyaient à l'authenticité de la découverte et que l'auteur se proposait de traiter complètement la question dans son second volume de la *Géologie californienne*. En attendant que l'apparition de cet ouvrage vienne lever les doutes et fixer les esprits au sujet de l'authenticité de la découverte du Camp des Anges, rappelons, avec M. Hébert, que l'on ne saurait apporter trop de prudence et de circonspection dans l'examen de ces questions de gisements extraordinaires. Un squelette humain, découvert entre deux couches régulières de gypse de Montmartre, avait été donné, lui aussi, comme contemporain de ces couches, lorsqu'il fut reconnu qu'il y avait pénétré par un puits vertical avec lequel la poche qui le contenait se trouvait en communication. Des erreurs de cette nature devraient bien avoir pour résultat d'imposer plus de réserve aux géologues dans l'interprétation des faits.

La découverte de M. Whitney pourrait être parfaitement authentique, du reste, sans avoir pour cela toute la portée que lui attribue son auteur. Il n'est nullement prouvé que les couches dans lesquelles se trouvait enseveli le crâne humain soient véritablement tertiaires. Quant à l'épaisseur de ces couches, elle ne suppose pas un bien long espace de temps. En effet, d'après M. Whitney lui-même, l'irruption des matériaux volcaniques qui recouvraient le crâne a dû se prolonger « jusqu'à des temps modernes. » Or, chacun sait avec quelle rapidité s'effectuent des dépôts qu'alimente un volcan en éruption. L'homme du Camp des Anges a donc pu vivre à une époque peu éloignée de la nôtre, quoique antérieure aux dernières éruptions volcaniques qui ont recouvert le sol de la contrée d'un épais manteau de cendres.

Nous n'avons pas à nous occuper ici des ossements humains découverts à Natchez, sur la rive gauche du Mississipi. Bien que trouvés en compagnie du mastodonte, ils appartiennent certainement à l'époque quaternaire, sinon à l'époque moderne. Le mastodonte, même en Europe, n'est pas essentiellement tertiaire et tous les géologues conviennent qu'en Amérique il s'est éteint à une époque beaucoup plus rapprochée des temps actuels.

Tels sont les faits sur lesquels repose la croyance à l'existence de l'homme dans les temps pliocènes. Tout esprit non prévenu reconnaîtra qu'ils sont loin d'être concluants (1). Une théorie nouvelle a besoin, pour se faire accepter, d'arguments plus solides. L'homme pliocène, comme l'homme miocène, doit pour le moment être banni de la science.

Ce n'est pas, du reste, en nous présentant quelques dé-

(1) « Tous les faits relatifs à l'existence de l'*homme tertiaire*, nous écrit M. Al. Bertrand, s'évanouissent à mesure qu'on les examine de près. C'est mon avis très motivé et je vous autorise à le dire publiquement. » (Lettre du 13 déc. 1877).

couvertes isolées et toujours plus ou moins contestables que les partisans de l'extrême ancienneté de notre espèce parviendront à nous convaincre. Si l'homme avait vraiment vécu à l'époque tertiaire, il eût laissé dans les terrains de cet âge des traces évidentes de sa présence. Dans leurs actives et incessantes investigations, les géologues modernes eussent retrouvé en abondance dans ces couches soit les produits de son industrie, soit les débris de son squelette, comme ils y ont retrouvé les restes des nombreux animaux qui caractérisent cette phase de la vie du globe.

De tous les êtres créés qui vivent à la surface des continents, il n'en est point, en effet, observe avec raison Lyell, qui s'exposent à autant de dangers sur l'eau que l'homme ; il n'en est point par conséquent dont le squelette soit aussi sujet à être enfoui dans les dépôts lacustres ou sous-marins. « D'un autre côté, ajoute l'éminent géologue anglais, on ne peut pas dire que les restes humains soient plus périssables que ceux des autres animaux ; car, ainsi que Cuvier l'a observé sous d'anciens champs de bataille, les ossements d'hommes n'avaient pas plus souffert de la décomposition que ceux des chevaux dont ils partageaient la sépulture. En admettant même que les parties les plus solides du squelette de notre espèce eussent complètement disparu, toujours, au moins, devrait-on retrouver les empreintes de leurs formes reproduites sur les roches comme on retrouve celles des feuilles les plus tendres de certaines plantes et des téguments les plus délicats d'un grand nombre d'animaux. Les ouvrages d'art surtout, composés, en général, des matières les plus indestructibles, se seraient conservés bien plus longtemps que tous les corps organisés que renferment les couches sédimentaires (1). »

Or, ces ouvrages d'art, ces empreintes, ces débris humains si avidement recherchés ne se sont présentés nulle part dans les couches tertiaires avec de réelles garanties

(1) *Principes de géologie*, t. I., p. 215 (trad. Ginestou).

d'authenticité. Les produits de l'industrie humaine, si abondants dans les alluvions dites quaternaires, disparaissent comme subitement dès qu'on pénètre dans les couches plus anciennes. C'est ainsi, pour n'en citer qu'un exemple, que toutes les recherches des explorateurs n'ont pu parvenir à en rencontrer la moindre trace dans le diluvium alpin, dépôt que l'on considère généralement comme formé au début de la période quaternaire et peut-être à la suite du soulèvement des Alpes principales qui, dans une opinion communément admise, mit fin à l'ère antérieure. Cette absence totale de débris humains dans les couches franchement tertiaires, si elle n'est pas une preuve absolument convaincante de la non-existence de l'homme à cette époque reculée des temps géologiques, ne vient pas du moins, l'on en conviendra, à l'appui de la théorie que nous combattons.

L'abbé Hamard
Prêtre de l'Oratoire de Rennes.

LE DARWINISME

ET L'EXPRESSION DES ÉMOTIONS CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANIMAUX.

—

CINQUIÈME ARTICLE (1)

—

§ II. — PRINCIPE DE L'ANTITHÈSE.

Comme nous l'avons déjà dit, Darwin expose ainsi son principe de l'*antithèse :*

« Certains états d'esprit, nous dit-il, conduisent à des actions habituelles particulières qui sont utiles, ainsi que nous l'avons vu en traitant de notre premier principe. Maintenant, lorsqu'il se produit une situation mentale complètement opposée, il y a involontairement une tendance énergique à l'exécution de mouvements d'une nature directement opposée, *quoiqu'ils ne soient d'aucun usage ;* et ces mouvements sont parfois fort expressifs (2). »

Ce principe d'antithèse gît donc, d'après le naturaliste anglais, dans la tendance innée, qui se remarquerait chez l'homme et les animaux, à produire des actes expressifs

(1) Voir les quatre livraisons de l'année 1878.

(2) Ch. Darwin, *The expression of the emotions in man and animals*, p. 23. London, 1872.

dont l'unique raison d'être réside dans leur opposition à d'autres mouvements intelligibles par leur utilité.

Mais à l'admission de ce principe, nous avons à opposer une double fin de non-recevoir : *il n'a pas de base positive ; et les faits sur lesquels Darwin prétend l'appuyer, ne nécessitent en aucune façon une telle interprétation.*

I. Absence de base positive.

Cette absence est manifeste tout à la fois par la nature même du principe posé, et par l'inanité des raisons physiologiques alléguées pour l'étayer.

A. — *Nature du principe posé.*

Ainsi que nous le disions ailleurs, « ce principe ne repose que sur une négation, et même, si l'on veut, que sur le plus haut degré de la négation. Ce qui est, en effet, le *contraire* d'une chose, en est éloigné au plus haut point. Or, conçoit-on une loi physiologique, poussant à un acte *dénué de tout but*, et qui est exécuté uniquement parce qu'il est le contraire d'un autre ? Lorsque les anciens physiciens, pour expliquer l'ascension de l'eau dans un corps de pompe, disaient que la *nature a horreur du vide*, ils énonçaient un principe beaucoup plus positif et plus saisissable que celui qui est préconisé ici par Darwin (1). »

Aussi, même parmi ses adhérents ou parmi les naturalistes les plus indulgents à son égard, Darwin a sur ce point trouvé parfois fort peu de faveur à l'endroit de sa théorie.

« Qu'est-ce que Darwin entend par antithèse? — nous dit L. Dumont, un des grands admirateurs du darwinisme. — Ce mot ne signifie pas assurément que des sentiments contraires, accompagnés de désirs contraires, doivent s'exprimer par des gestes opposés, parce qu'ils tendent précisément vers des buts opposés. S'il ne s'agissait

(1) *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 2e année, première partie, p. 145-146. Bruxelles 1873.

que de cela, les faits rentreraient dans le groupe des phénomènes utiles ; les deux mouvements contraires s'expliqueraient exactement de la même manière ; des deux côtés, il y aurait également des gestes servant à la satisfaction des désirs de l'individu, et ne différant que parce qu'ils correspondraient à des besoins divers. Darwin n'a pas voulu dire non plus que le plaisir et la peine, agissant d'une manière opposée sur la constitution nerveuse, doivent se traduire aussi par des mouvements diamétralement opposés, car il explique les faits de ce genre par son troisième principe. Mais il a pensé que certains faits de geste ou de physionomie, inutiles d'une part pour la satisfaction d'aucun désir, complètement indépendants d'autre part de l'influence du plaisir et de la peine, n'avaient pas d'autre raison qu'une disposition primitive et générale à faire accompagner un sentiment par des gestes contraires à ceux qui servent d'expression au sentiment opposé. Certains mouvements seraient devenus habituels et instinctifs.... uniquement parce qu'ils seraient les contraires d'autres mouvements. Un tel principe nous paraît difficile à admettre au point de vue physiologique ; ce serait rapporter l'origine d'habitudes positives à des causes purement négatives (1). »

De même, un savant allemand, A. Ecker, dont la critique est aussi particulièrement bienveillante pour le darwinisme, après avoir, dans une notice consacrée au livre de Darwin, constaté, comme nous, que le principe de l'antithèse a une base essentiellement négative, continue ainsi : « Mais ce caractère négatif d'un mouvement ne suffit guère pour en faire une classe particulière ; et par suite l'auteur de la présente notice est d'avis, que les divers cas, d'ailleurs peu nombreux, qui ont porté Darwin à établir son deuxième principe, s'expliquent *pour la plupart* par le

(1) Léon Dumont, *Le transformisme en Angleterre (Revue scientifique*, 3 mai 1873, p. 1037. Paris, 1873).

premier, et que quelques-uns d'entre eux devraient peut-être être rangés sous le troisième (1). »

Au reste, ceux qui admettent le principe de l'antithèse motivent quelquefois leur adhésion par des raisons si étranges, qu'ils nous rappellent involontairement le *pavé de l'ours* de Lafontaine. Tel est, par exemple, le cas en ce qui regarde les arguments invoqués par les professeurs Erdmann et Jaeger. Le premier s'appuie sur la considération des muscles antagonistes ; le second fait appel aux centres nerveux antagonistes. Or, ces deux considérations, nous allons le voir, sont également inopérantes pour établir le second principe de Darwin.

B. — *Muscles antagonistes.*

Le professeur Erdmann trouve *tout naturel (ganz natürlich)* qu'une émotion opposée soit caractérisée par des mouvements opposés.

Certes cette assertion est parfaitement justifiée lorsque les mouvements ont un but en rapport avec la nature des émotions, ou lorsqu'ils résultent d'une influence directement opposée sur le système nerveux. Mais Erdmann n'entend pas seulement les choses ainsi.

« Ceci est d'abord naturel, nous dit-il, à cause de l'antagonisme des muscles. Il entraîne, en effet, au moment où le muscle contracté d'abord rentre au repos, la contraction du muscle antagoniste qui a été longtemps distendu sous l'effort de celui-là (2). »

(1) « Dieser negative Charakter einer bewegung genügt aber wohl nicht zur Aufstellung einer besonderen Classe, und Referent ist daher der Meinung, dass die, übrigens nicht zahlreichen, Fälle, welche Darwin zur Aufstellung seines zweiten Principes veranlassten, zum grössten Theil durch das erste ihre Erklärung finden, ein kleiner Theil aber vielleicht unter das dritte zu subsumiren ist. » *Archiv für Anthropologie; Zeitschrift für Naturgeschichte und Urgeschichte des Menschen*, 6er Band, 3es Heft, p. 231. Braunschweig, 1873.

(2 « Dies ist natürlich schon wegen des Muskelantagonismus, welcher den Muskel, welcher durch die Contraction seines Antagonisten lange extendirt war, wenn jener zur Ruhe kommt, sich contrahiren lässt. » Prof.

Mais il est évident que cet argument est tout à fait irréfléchi.

Et d'abord il suppose que les expressions rapportées par Darwin au principe de l'antithèse, succèdent toujours immédiatement à l'expression d'une émotion contraire. La rétraction spontanée d'un muscle qui se trouvait distendu par l'action de son antagoniste, est, en effet, immédiatement consécutive au moment où celui-ci cesse de se contracter. Ainsi lorsque le chien donne à son maître des témoignages d'affection, — témoignages dont Darwin explique les caractères par le principe de l'antithèse, — si la raison alléguée par le professeur Erdmann était bonne, il faudrait nécessairement que la manifestation affectueuse eût suivi immédiatement l'expression de la colère. Or, il est bien clair que dans l'immense majorité des cas, les choses ne se passent pas ainsi.

Mais ce n'est pas tout. Lorsqu'une expression se trouve dessinée par la contraction de certains muscles, si, selon la pensée d'Erdmann, au moment où cesse cette contraction, le retrait des muscles antagonistes suffit pour peindre l'émotion opposée, il s'ensuit que toutes les expressions quelconques, dès l'instant où elles cessent, sont aussitôt remplacées par une expression contraire. Le visage de l'homme serait donc une véritable caricature où l'on verrait se succéder à chaque instant les expressions des passions les plus contradictoires. Manifestement Erdmann se méprend complètement sur les effets de cette rétraction qui a uniquement pour objet de rétablir les choses dans leur état normal, et nullement de produire les contractions nécessaires à l'expression d'une émotion opposée.

En réalité, les expressions que Darwin fait naître de son principe de l'antithèse, sont-elles bien effectivement produites par la contraction des muscles antagonistes de

Erdmann, *Darwin's Erklärung pathognomischer Erscheinungen*, p. 7. Halle, 1873.

ceux qui sont mis en jeu sous une émotion opposée? La conséquence découle, en effet, des idées de Darwin. Mais nous doutons qu'un seul des cas apportés par le physionomiste anglais puisse supporter d'une manière satisfaisante un examen comparatif à cet égard : le lecteur en jugera tout à l'heure.

Mais en ce qui concerne Erdmann, il est particulièrement malheureux dans le développement de son idée.

Après avoir, comme justification du principe de l'antithèse de Darwin, formulé sa loi sur les contractions alternatives des muscles antagonistes, il en fait l'application au rire. Voici comment il s'exprime :

« C'est ainsi que le rire, par exemple, c'est-à-dire une expiration saccadée, interrompue par une profonde inspiration, est précisément l'opposé des cris dans lesquels l'inspiration est saccadée et l'expiration prolongée ; et il serait devenu d'après la loi de l'antithèse inconsciente, l'expression propre d'une émotion opposée à celle qui provoque les cris, c'est-à-dire, à la douleur (1). »

Sans doute il y a, dans les deux expressions, contraste en ceci : le rire débute par une profonde inspiration suivie d'expirations saccadées; dans les cris arrachés à la douleur, au contraire, une longue expiration est entrecoupée de courtes inspirations.

Mais d'abord, comme nous l'avons déjà remarqué plus haut, le rire fût-il complètement opposé dans tous ses caractères aux cris de la douleur, on ne pourrait essayer d'en inférer quelque chose en faveur de la thèse d'Erdmann qu'à la condition que le rire suivît toujours immédiatement les cris, ce qui est évidemment faux.

(1) « So möchte z. B. das Lachen, welches als stossweises durch langes Einathmen unterbrochenes Luftausstossen gerade das Gegentheil vom Schreien ist, bei dem stossweise eingeathmet und langdauernd Luft ausgestossen wird, nach dem Gesetze des unbewussten Gegensatzes der pathognomische Ausdruck eines Gemüthszustandes geworden sein, welcher dem entgegengesetzt ist, bei dem man schreit, d. h. dem Schmerz. » Prof. Erdmann, *Darwin's Erklärung pathognomischer Erscheinungen*, p. 7.

Nous pouvons ensuite demander à l'avocat du principe de l'antithèse, si l'expiration, quand elle est *prolongée*, est déterminée par des muscles antagonistes de ceux qui produisent une *courte* expiration ; si également une inspiration *profonde* et une inspiration *rapide* résultent du jeu des muscles antagonistes ? La réponse ne pouvant être affirmative, il s'ensuit que l'exemple choisi par Erdmann est étranger à sa thèse.

Enfin, dans les cris de la douleur et dans le rire, il y a autre chose que les caractères indiqués, et une considération superficielle peut seule y trouver la justification de la thèse du professeur allemand.

Et, en effet, lorsqu'un enfant crie, on lui voit les yeux *fermés;* dans le franc rire, ils sont *presque fermés (almost concealed)*, dit sir Ch. Bell (1). Dans l'un et l'autre cas, c'est l'orbiculaire des paupières qui se contracte. « Le muscle orbiculaire des paupières, dit Ch. Bell, agit avec force dans certains cas d'expression. Pendant le *rire* et les *cris*, le bord externe de ce muscle, en se contractant, ramasse la peau autour de l'œil, et en même temps comprime le globe oculaire... Durant tout acte violent d'expiration, soit qu'il s'agisse du franc rire, des pleurs, de la toux ou de l'éternument, le globe de l'œil est étroitement comprimé par les fibres de l'orbiculaire (2). » Et Darwin ne parle pas autrement. « Non seulement, nous dit-il, ainsi que l'établit sir Ch. Bell et que je l'ai souvent observé, les muscles péri-oculaires se contractent fortement pendant les cris, le rire bruyant, la toux et l'éternument, mais

(1) Sir Ch. Bell, *The anatomy and philosophy of expression*, p. 147, 6 th. edit. London 1872.

(2) « The orbicularis muscle of the eyelids acts powerfully in certain kinds of expression. In laughing and crying, the outer circle of this muscle, as it contracts, gathers up the skin about the eye ; and at the same time it compresses the eyeball .. During every violent act of expiration, whether in hearty laughter, weeping, coughing, or sneezing , the eyeball is firmly compressed by the fibres of the orbicularis. » Ch. Bell, ouvrage cité, p. 105

encore pendant plusieurs autres actes analogues (1). »

Ainsi, malgré l'opposition complète des dispositions mentales qui accompagnent les cris arrachés à la douleur et le rire provoqué par la joie, ces deux expressions se traduisent autour des yeux par la contraction de quelques muscles *identiques*, et non pas par l'action de muscles antagonistes.

Pendant les cris aussi poussés par l'enfant, la bouche est largement ouverte; durant le rire, les mâchoires se séparent souvent légèrement. Lorsqu'il n'en est pas ainsi et qu'une personne cherche à comprimer chez elle un éclat de rire, on dit qu'elle *rit entre les dents*. Dans le rire naturel, il n'y a donc pas, ici non plus, opposition à cet égard avec ce qui se passe dans les cris; il n'y a qu'une différence du plus au moins.

Enfin tout le monde sait que, si les cris de douleur s'accompagnent de larmes, il n'est pas rare non plus de voir couler les larmes dans les éclats de rire, d'où l'expression : *rire aux larmes*, pour désigner le rire à sa plus haute puissance. Citons encore à ce sujet Darwin lui-même : « Lorsqu'on rit avec excès,... nous dit-il, les larmes coulent abondamment. D'où, comme on en a déjà fait la remarque, il n'est guère possible d'indiquer aucune différence dans la face sillonnée de larmes d'une personne après de violents éclats de rire et après un accès de cris arrachés à la douleur (2). » Rien n'est plus exact, et Darwin reproduit en confirmation la réflexion suivante de sir J. Reynolds : « Il est curieux d'observer, et c'est une vérité certaine,

(1) « Not only are the muscles round the eyes strongly contracted, as Sir C. Bell states and as I have often observed, during screaming, loud laughter, coughing, and sneezing, but during several other analogous actions. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 159. London, 1872.

(2) « During excessive laughter.... tears are freely shed. Hence, as formerly remarked, it is scarcely possible to point out any difference between the tear-stained face of a person after a paroxysm of excessive laughter and after a bitter crying-fit. » Ch. Darwin, ouvrage cité, p. 208.

que les extrêmes des passions contraires s'expriment à peu de chose près par le même acte (1). »

L'exemple apporté par le professeur Erdmann comme développement de la loi formulée, est donc aussi mal choisi que possible.

A la vérité, comme nous l'avons déjà vu antérieurement, Darwin ne fait qu'un appel bien timide au principe de l'antithèse pour expliquer les particularités du rire. Cependant il n'est pas inutile peut-être de remarquer qu'il ne suffirait pas au maître de désavouer ici le zèle intempestif d'un disciple trop empressé. Si, en effet, des émotions aussi complètement opposées que le sont la douleur et la joie, s'expriment dans de nombreux détails par des mouvements similaires, s'il est exact de dire que *les extrêmes des passions contraires s'expriment à peu de chose près par le même acte*, il est bien clair que la prétendue tendance innée chez l'homme et chez les animaux, à exécuter des mouvements opposés sous l'empire d'émotions opposées, ne peut être admise qu'avec de grandes réserves. Et de fait, *dans le sens voulu par Darwin à l'appui de son principe de l'antithèse*, cette tendance n'existe pas du tout. On pourrait déjà le conclure de ce qui précède, mais la suite de notre travail rendra, nous l'espérons, cette conclusion plus évidente encore.

C. — *Centres nerveux antagonistes.*

Jaeger, dans son essai de réfutation du premier volume du grand ouvrage de Wigand contre le darwinisme (2), admet pleinement le second principe posé par Darwin, et il l'appuie sur l'antagonisme des centres nerveux. Voici comment s'exprime le professeur de Stuttgard :

(1 « It is curious to observe, and it is certainly true, that the extremes of contrary passions are, with very little variation, expressed by the same action. » Sir J. Reynolds, *Discourses*, XII, p. 100. (Citation de Darwin, ouvrage cité, p 208.)

(2) Dr Albert Wigand, Professor der Botanik an der Universität Marburg ; *Der Darwinismus und die Naturforschung Newtons und Cuviers*, III. B. Braunschweig, 1874-1877.

« Le second principe est clair et incontestable.....

» Le point dont il s'agit est celui-ci. Darwin dit : certaines émotions s'expriment par des mouvements musculaires qui ne sont explicables que par leur opposition aux mouvements que provoque l'émotion contraire. Le meilleur exemple est l'antithèse entre les gestes d'un homme indigné et courageux et ceux d'un homme découragé et qui se sent impuissant. L'indignation se manifeste par des mouvements qui ont un but déterminé : ce sont les actes préparatoires à un véritable combat. Au contraire, les gestes exprimant le découragement et l'impuissance sont sans but. L'homme impuissant, en effet, n'a pas l'intention de faire quelque chose, mais involontairement ou plutôt par une tendance forcée, il exécute les mouvements précisément opposés aux premiers, et qui ne sont, par conséquent, intelligibles que par cette opposition.

» Cette explication repose incontestablement sur une base physiologique. Comme pourtant Darwin a négligé, à cet égard, d'invoquer les faits essentiels fournis par la physiologie, je veux y suppléer.

» La physiologie expérimentale a fait la découverte remarquable que l'organe central du système nerveux est formé de centres antagonistes qui ont entre eux les rapports suivants :

» Les deux centres antagonistes sont continuellement en activité. Aussi longtemps que les forces avec lesquelles chacun travaille, restent en équilibre, il ne se produit aucun mouvement. Mais le mouvement se déclare dès l'instant qu'un centre l'emporte sur l'autre.

» Or l'équilibre peut être troublé, avec des conséquences tout opposées, par une action exercée sur un seul et même centre : 1) ou bien parce que l'activité de celui-ci est plus vivement excitée, ce qui le rend prépondérant sur son antagoniste ; 2) ou bien parce qu'il est paralysé ; d'où la prépondérance du dernier.

» Prenons un cas déterminé. L'encéphale a un centre

pour le mouvement en avant, et un antagoniste pour le mouvement en arrière. Agissent-ils tous deux avec une égale force, l'animal demeure immobile. Le centre des mouvements progressifs est-il particulièrement excité, l'animal marche dans ce sens ; est-il, au contraire, paralysé, le mouvement de recul en est la conséquence inévitable. Pour mieux comprendre la question, il est nécessaire de savoir quelles relations unissent l'excitation et la paralysie. Les deux phénomènes sont produits par un seul et même stimulant. C'est le degré seulement de la stimulation qui fait apparaître l'un plutôt que l'autre : une stimulation plus légère est excitante, une trop forte paralyse.

» Revenons maintenant à notre exemple. La cause, c'est-à-dire, la stimulation pour les deux émotions, l'indignation et l'impuissance découragée, est une seule et même cause : la vue ou la pensée d'un danger. Si cette stimulation n'est pas trop forte, c'est-à-dire, si le danger n'est pas trop grand, le centre correspondant de mouvement se trouve excité, et en même temps apparaissent les mouvements déterminés qui sont propres à la défense. La stimulation, ou, si l'on veut, le danger est-il, au contraire, trop grand, ce même centre se paralyse et par suite le centre antagoniste l'emporte : d'où *nécessairement* des mouvements opposés et sans but (1). »

(1 « Klar und unanfechtbar ist das zweite Princip.....

» Die Sache, um die es sich handelt, ist folgende : Darwin sagt : gewisse Gemüthsbewegungen werden durch Muskelbewegungen ausgedrükt, die nur dadurch zu erklären sind, dass sie die gegentheiligen Bewegungen von denjenigen sind, welche durch die entgegengesetzte Gemüthsstimmung hervorgerufen werden. Das beste Beispiel ist der Gegensatz zwischen den Geberden eines streitlustig und muthig Gesinnten und denen eines Rath-und Hülflosen. Die Streitlust aüssert sich durch Geberden, welche einen bestimmten Zweck haben : es sind die Vorbereitungsbewegungen zum wirklichen Kampf. Die Geberden der Rath-und Hülflosigkeit haben dagegen keinen Zweck, denn der Hülflose, hat ja gar nicht die Absicht etwas zu thun, sondern er macht unwillkürlich oder besser gesagt zwangsweise die gerade entgegengesetzten Bewegungen ; diese sind mithin nur durch ihren Gegensatz verständlich.

Ainsi, selon Jaeger, les phénomènes émotionnels dus à l'antithèse de Darwin s'expliqueraient au moyen de deux principes qu'il présente comme acquis à la physiologie.

1° L'organe central du système nerveux est formé de couples d'éléments ou centres antagonistes. Chacun des deux centres gouvernerait des mouvements opposés, et ces mouvements se produiraient selon que l'un ou l'autre centre devient prépondérant.

» Diese Erklärung steht vollkommen auf physiologischem Boden, da es jedoch Darwin unterlassen hat, das nöthige aus der Physiologie anzuführen, so will ich diess hier nachholen.

» Die Experimentalphysiologie hat die merkwürdige Entdeckung gemacht, dass das Centralorgan des Nervensystems aus antagonistichen Centren zusammengesetzt ist, die in folgendem Verhältniss zu einander stehen. Beide Centra sind fortwährend in Thätigkeit; so lange die Kräfte, mit welchen Jedes arbeiteit, sich das Gleichgewicht halten, entsteht keine Bewegung, diese tritt dagegen sofort ein, wenn ein Centrum das Uebergewicht über das andere erlangt. Das Gleichgewicht kann nun durch Einwirkung auf ein und dasselbe der beiden Centra mit ganz entgegengesetztem Erfolg gestört werden: 1) dadurch, dass es zu stärkerer Thätigkeit gereizt wird, wodurch es das Uebergewicht über sein Gegencentrum erhält; 2) dadurch, dass es gelähmt wird, wodurch letzteres in Vortheil kommt. Nehmen wir einen bestimmten Fall. Das Gehirn hat ein Centrum für die Vorwärtsbewegung und ein antagonistisches für die Rückwärtsbewegung. Arbeiten beide gleich stark, so steht das Thier still ; wird das Vorwärtscentrum angespornt, so bewegt sich das Thier vorwärts ; wird es dagegen gelähmt, so bewegt es sich zwangsweise rückwärts. Zum weiteren Verständniss ist nöthig zu wissen, wie sich Anspornung und Lähmung verhalten. Beide Erscheinungen werden durch einen und denselben Reiz hervorgerufen, und es hängt nur von der Stärke des Reizes ab, ob das eine oder das andere eintritt : bei geringerer Reizstärke erfolgt Anspornung, bei höherer Lähmung.

» Nun kehren wir zu unserem Beispiel zurück. Die Ursache, d. h. der Reiz für beide Gemüthsstimmungen, Streitlust und Hülflosigkeit, ist eine und dieselbe: der Anblick oder der Gedanke an eine Gefahr. Ist dieser Reiz nicht zu stark, d. h. die Gefahr nicht zu gross, so wird das betreffende Bewegungscentrum angespornt, es treten bestimmte Bewegungen ein, welche der Abwehr gelten, ist dagegen der Reiz, d. h. die Gefahr sehr gross, so wird dieses gleiche Centrum gelähmt und damit hat das antagonistische Centrum das Uebergewicht erlangt, es erfolgen *zwangsweise* und zwecklos die entgegengesetzten Bewegungen. » Dr Gustav Jaeger, *In Sachen Darwin's insbesondere contra Wigand. Ein Beitrag zur Rechtfertigung and Fortbildung der Umwandlungslehre*, p. 241-243. Stuttgart, 1874.

2° Cela peut arriver de deux manières différentes. Ou bien parce que l'un des centres se trouve excité à une plus grande activité, ou bien parce que l'un d'eux se trouve paralysé. Cette paralysie résulte, d'ailleurs, d'une stimulation de même genre que celle qui détermine une plus grande activité ; seulement, la paralysie est causée par une stimulation excessive.

Nous avons donc à examiner ici une double question : *L'idée que nous donne Jaeger de la composition de l'organe central du système nerveux, est-elle exacte ? Est-elle, dans tous les cas, propre à rendre intelligibles les attitudes expressives que Darwin rattache à son principe de l'antithèse?*

Or, quant à la *première question*, nous sommes profondément étonné de voir Jaeger nous donner, comme une découverte acquise à la science, ses idées sur la composition de l'organe central du système nerveux.

Sans doute, la science éclairée surtout par les recherches de sir Ch. Bell, est parvenue à démêler avec certitude les faisceaux nerveux et leurs racines partant de la moelle épinière, qui servent soit à la sensibilité, soit aux mouvements. Mais il ne s'agit pas là de fonctions antagonistes : ce sont simplement des fonctions diverses.

Quant au cerveau, il n'est pas un auteur sérieux qui ne convienne que, malgré les découvertes opérées dans ces derniers temps par Fritsch, Hitzig, David Ferrier et d'autres, le sujet est plein encore d'obscurités.

Jusqu'ici les fonctions des diverses parties de l'encéphale, pour autant qu'elles sont connues, paraissent moins rigoureusement limitées que les fonctions de la moelle épinière.

« Les phénomènes qui se montrent, nous dit Wundt, après l'ablation, la section ou la modification pathologique de certaines parties de l'encéphale, ne présentent en aucune façon la constance qu'exigerait une relation fonctionnelle nettement déterminée. En particulier, l'expérience montre qu'avec le temps, des désordres fonctionnels, même importants, disparaissent quoique la lésion organique qui les a

occasionnés, subsiste toujours. En présence de ces cas, on ne peut guère se défendre de l'idée que différentes parties de l'encéphale soient aptes à se suppléer les unes les autres. Une telle substitution, locale et fonctionnelle, paraît pouvoir s'offrir dans une mesure d'autant plus grande, que la lésion a atteint des parties plus élevées de l'organe central, en sorte qu'ici la nécessité des diverses parties ne s'accroît pas du tout avec la perfection des organes (1). »

En fait, il reste toujours beaucoup de vrai dans ces appréciations de Wundt, quoique le nombre des localisations fonctionnelles déterminées dans le cerveau (2) se soit aujourd'hui notablement étendu. Mais localiser dans le cerveau des centres, soit moteurs, soit sensitifs, ce n'est pas établir que cet organe est formé de centres antagonistes et toujours agissants.

Aussi, malgré les progrès sérieux accomplis dans le domaine de la physiologie durant ces dernières années, on peut porter au professeur de Stuttgard le défi de montrer dans les faits acquis quoi que ce soit qui puisse justifier son assertion.

Au reste, allons au-devant des revendications du disciple trop zélé de Darwin, et voyons ce qu'elles valent.

Manifestement il y a une allusion à la thèse de Ma-

(1) « Die Erscheinungen, die nach Abtragung, Durchschneidung oder pathologischer Veränderung gewisser Hirntheile eintreten, keineswegs regelmässig beobachtet werden, wie ein scharf begrenzter functioneller Zusammenhang dies fordern würde. Namentlich zeigt die Erfahrung, dass mit der Zeit, ohne dass die verursachende organische Veränderung beseitigt wird, selbst bedeutende functionelle Störungen sich ausgleichen. Angesichts solcher Fälle ist kaum die Vorstellung abzuweisen, dass verschiedene Hirntheile vicariirend für einander eintreten. Solcher Ersatz scheint örtlich und functionell in um so ausgedehnterem Maasse stattfinden zu können, je höhere Theile des Centralorgans von der Störung betroffen sind, so dass hier mit der Vollkommenheit der Organe die Unentbehrlichkeit ihrer einzelnen Theile keineswegs zunimmt. » Dr Wilhelm Wundt, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, p. 669. Erlangen, 1868.

(2) Le mot *cerveau* est ici pris dans son sens le plus large. Il désigne toute la masse nerveuse renfermée dans la cavité crânienne.

gendie sur les fonctions des corps striés et du cervelet, lorsque Jaeger nous dit :

« L'encéphale a un centre pour le mouvement en avant et un antagoniste pour le mouvement en arrière. Agissent-ils tous deux avec une égale force, l'animal demeure immobile. Le centre des mouvements progressifs est-il particulièrement excité, l'animal marche dans ce sens ; est-il, au contraire, paralysé, le mouvement de recul en est la conséquence inévitable (1). »

C'est le seul fait qu'invoque nommément Jaeger, lorsqu'il traite des expressions soi-disant antithétiques. Mais dans le même ordre d'idées, on pourrait citer la découverte des nerfs *accélérateurs* et des nerfs *ralentisseurs* dans les mouvements du cœur, et en réalité le professeur de Stuttgard y revient plus loin.

Parlons d'abord de la thèse de Magendie.

« Magendie, nous dit Longet, a... émis une opinion sur les usages des corps striés. D'après lui (2), il existe, chez les mammifères et chez l'homme, une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre force qui les porte à reculer : la première réside dans le cervelet ; la seconde, dans les corps striés. Dans l'état sain, ces deux forces sont dirigées par la volonté, et se contre-balancent mutuellement. Mais, suivant le même physiologiste, si l'on enlève l'un ou l'autre organe où siégent ces forces, l'antagoniste demeuré sain obtient tout son effet : de là, la rétrogression irrésistible après l'ablation du cervelet, et la propulsion, également irrésistible, après la soustraction des corps striés (3). »

Il s'agit donc bien dans ce cas particulier de centres

(1) Dr Gustav Jaeger, *In Sachen Darwin 's*, p. 243.

(2) Magendie, *Éléments de physiologie*, Paris, 1836, tom. I, p. 407, 409. — *Journal de physiologie expérimentale*, 1823, tom. III, p. 376. — *Leçons sur les fonctions du système nerveux*, Paris, 1839, tom. I, p. 280.

(3) F.-A. Longet, *Traité de physiologie*, tom. III, p. 417. 3e édition, Paris, 1869.

véritablement antagonistes et toujours agissants, comme le suppose Jaeger. Malheureusement, les recherches subséquentes des physiologistes n'ont pas confirmé les vues du célèbre professeur français.

Ainsi Longet a fait de nombreuses expériences pour déterminer les effets de la soustraction des corps striés. Or, voici ce qu'il a constaté :

« Sur un très grand nombre de lapins vigoureux et âgés de trois ou quatre mois, comme le conseille Magendie, j'ai enlevé *complètement* les hémisphères cérébraux, puis les deux corps striés, en rasant les bords antérieur et externe des couches optiques ; et, à l'exception d'une seule fois, où la cinquième paire ayant été piquée, l'animal s'est enfui en criant, tous les lapins sont demeurés immobiles. J'ai varié l'expérience, en enlevant les corps striés seulement avec la portion des hémisphères où ils s'irradient : les effets ont été les mêmes (1). » Et un peu plus loin, l'éminent physiologiste ajoute : « Il m'a toujours fallu pincer fortement la queue des animaux pour les faire s'élancer en avant : alors, ils s'enfuyaient le plus souvent en poussant un cri ; mais la propulsion n'avait rien d'irrésistible, puisqu'ils s'arrêtaient bientôt, pour se précipiter derechef sous l'influence d'une excitation nouvelle (2). »

Plusieurs autres expérimentateurs ont repris ces recherches, et sont aussi arrivés à des résultats négatifs.

En somme, il n'est pas possible d'admettre dans le cervelet une force toujours agissante de propulsion, qui serait régulièrement équilibrée par une force antagoniste résidant dans les corps striés.

En sens inverse, de nombreuses expériences ont été exécutées pour mettre en évidence les effets de l'enlèvement du cervelet.

Or, le mouvement de recul à la suite des lésions ou de

(1) F.-A. Longet, *Traité de physiologie*, lieu cité, p. 417-418.
(2) *Ibidem*, p. 418

l'ablation du cervelet, chez les mammifères et les oiseaux, est loin d'être un phénomène constant. Flourens ne l'a observé que *cinq* fois sur *dix-huit;* et Bouillaud, *quatre* fois sur le même nombre d'expériences. Et encore il est arrivé que les mouvements de recul se sont combinés avec des mouvements de progression : c'est ce qui s'est présenté, entre autres, dans les expériences de Longet. Lafargue a fait à cet égard *dix* expériences, et *aucune* d'elles n'a donné le résultat indiqué par les vues de Magendie. Il est évident, d'ailleurs, que dans les cas rares où le recul s'est manifesté, on pourrait le considérer comme un exemple particulier des résultats qu'entraîne le manque de coordination dans les mouvements (1).

Ainsi les forces antagonistes toujours en action, placées par Magendie dans les corps striés et dans le cervelet, ne seraient que des fictions. Et le darwiniste de Stuttgard qui nous parle avec tant d'assurance de la science et de ses découvertes, s'est manifestement ici un peu fourvoyé.

A la vérité les faits dont s'est occupé Magendie, ont reçu d'autres explications. Mais, on va s'en convaincre, Jaeger ne pourrait pas davantage s'en prévaloir comme de lois établies.

D'après certains physiologistes, les phénomènes signalés ne seraient que des effets *passagers* d'irritation. Selon leur manière de voir, ce ne serait pas précisément par suite de l'ablation des corps striés que se produirait le mouvement en avant de l'animal ainsi opéré, mais lorsque ce phénomène se présente, il serait dû à l'*irritation* produite sur des parties voisines qui devraient être considérées comme des centres d'innervation pour les mouvements progressifs. Et quant aux mouvements de recul, ils seraient dus également à l'irritation passagère de parties voisines du cervelet.

(1) Voir F.-A. Longet. *Traité de physiologie,* tome III, p. 460. Paris, 1869, 3e édition

Lussana et Brown-Sequard, particulièrement, se sont faits les promoteurs de cette manière de voir.

« Magendie a observé le premier, nous dit Lussana, le fait singulier des mouvements rétrogrades chez les animaux auxquels on a enlevé le cervelet, fait que d'autres physiologistes ont fréquemment, mais non pas d'une manière constante, vérifié dans la suite. Magendie qui, le premier encore, avait vu les animaux *courir précipitamment* en avant à la suite de la désorganisation des corps striés, supposa que ceux-ci étaient le siège d'une force d'innervation pour les mouvements *régressifs*, tandis que dans le cervelet eût résidé la force pour les mouvements progressifs. Celle-ci supprimée à la suite des lésions du cervelet, l'innervation antagoniste des corps striés, désormais sans contre-poids, aurait agi, — et *vice versa*.

» Mais aussi bien dans le premier que dans le second cas, les résultats dépendaient seulement d'une irritation produite sur les centres limitrophes d'innervations motrices spéciales, sur les *cordons ronds* pour les mouvements de recul chez les animaux opérés du cervelet, sur la région des faisceaux pédonculaires pour les mouvements *précipités en avant*, chez ceux qui ont subi l'ablation des corps striés. En peu d'heures ces phénomènes de *recul*, dus à l'irritation, vont en diminuant et ensuite disparaissent. Et puisque ces phénomènes sont essentiellement des phénomènes d'*irritation*, ils ne sont ni *permanents*, ni *constants*. Que d'ailleurs ces mouvements rétrogrades, quand ils se manifestent passagèrement dans les expériences sur le cervelet, ne dépendent pas proprement du cervelet, mais seulement de l'irritation d'autres parties contiguës, c'est ce qu'on démontre en enlevant le cervelet après avoir détruit les corps striés. Dans ce cas, il n'est pas rare que les animaux reculent également immédiatement après l'opération, ce qui serait impossible si véritablement une force *irrésistible d'impulsion rétrograde*, antagoniste de celle que l'on suppose dans le cervelet, avait son siège dans les

corps striés détruits ici par la vivisection indiquée (1). »

Mais ces vues de Lussana et de Brown-Sequard ne sauraient non plus être admises, car elles n'ont pas résisté à un examen complet des faits. Qu'il nous suffise de citer Leven à cet égard.

« La difficulté d'interprétation, nous dit-il, des désordres de mouvements que provoque toute lésion cérébelleuse, a porté Brown-Sequard à dire qu'ils ne sont pas dus à la lésion du cervelet, mais à une irritation des parties voisines du cervelet. Or, il est facile de reconnaître que si on détruit les parties superficielles du cervelet, sans dépasser la substance grise, aucun trouble ne se manifeste, parce que la substance grise du cervelet n'est pas excitable, mais que si on atteint la substance blanche, on voit à l'instant même

(1) « Magendie osservò pel primo il fatto singulare dei moti retrogradi negli animali operati nel cervelletto, fatto che più tardi venne frequentemente, ma non costantemente, verificato anche da altri fisiologi. Magendie, il quale ancor pel primo aveva veduto gli animali *correre precipitosamente all'avanti* per la disorganizzazione dei corpi striati, suppose che in questi risiedesse una forza d'innervazione pei movimenti *regressivi*, invece nel cervelletto la forza pei movimenti *progressivi;* tolta questa colle lesioni del cervelletto, avrebbe agito la innervazione antagonistica, e non piu antagonizzata, dei corpi striati — e viceversa.

» Ma tanto la prima quanto la seconda serie di risultati dipendevano solamente da *irritazione* arrecata a limitrofi centri di speciali innervazioni motrici, ai *cordoni rotondi* pei moti di rinculo negli animali operati al cervelletto — alla *regione fascicolata peduncolare* pei moti *precipitosi in avanti* negli animali operati agli *striati*. In poche ore questi fenomeni *irritativi retrogradi* vanno diminuendo e poi dileguandosi. E siccome veramente *irritativi*, mentovati fenomeni non sono nè *permanenti* nè *costanti*. Che poi codesti moti di rinculo, quando si manifestano transitoriamente nelle sperienze sul cervelletto, propriamente al cervelletto non appartengano, ma solamente ad *irritazioni d'altre contigue parti*, lo si dimostra operando il cervelletto dopo aver operato sui corpi striati; nel quale caso avviene non di rado che gli animali egualmente *rinculino* subito dopo l'operazione, ciò che sarebbe impossibile se veramente una forza *irresistibile di impulsione retrograda*, antagonistica a quella supposta nel cervelletto, esistesse nei corpi striati distrutti nella suddescritta vivisezione. »

Filippo Lussana, *Manuale pratico di fisiologia*, Vol. II, Parte III, p. 126-127. Padova. 1872.

paraître ces mouvements que nous avons décrits, *quelque précaution qu'on ait prise pour respecter les parties voisines* (1). »

Ainsi, les assertions de Lussana et de Brown-Sequard ne reposent pas sur une base assez solide pour que Jaeger puisse les invoquer. En somme, tout cela reste fort obscur et plein de difficultés.

Mais voici une hypothèse qui, si elle était démontrée, apporterait du moins une pierre à l'édifice annoncé par le professeur de Stuttgard ; il est toujours question des fonctions du cervelet, dont les différentes parties auraient entre elles des actions antagonistes d'équilibration.

En discutant les résultats fort disparates des expériences relatives aux fonctions cérébelleuses, David Ferrier arrive à cette conclusion :

« Le cervelet semblerait donc être l'arrangement complexe de centres individuellement différenciés qui, en agissant ensemble, règlent les diverses adaptations musculaires nécessaires au maintien de l'équilibre du corps ; chaque tendance au déplacement de l'équilibre autour d'un axe horizontal, vertical ou intermédiaire, agissant comme un excitant pour le centre particulier qui appelle en jeu l'action compensatrice ou antagoniste (2). »

Il ne s'agit ici, d'ailleurs, que d'une équilibration réflexe ou automatique, à laquelle, dans les lésions du cervelet, on pourrait jusqu'à un certain point suppléer par des mouvements volontaires.

Mais, quoiqu'elles soient plausibles, les vues de D. Ferrier sur les fonctions du cervelet ne sont, même à ses propres yeux, qu'une hypothèse qui a contre elle des objections sérieuses.

Ainsi, relativement à la question soulevée d'abord par

(1) Leven, *Physiologie du cervelet (Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales)*, 1re série, tome XIV, p. 515-516. Paris, 1873.

(2) David Ferrier. *Les fonctions du cerveau* (traduit de l'anglais par H. C. De Varigny, p. 176-177). Paris, 1878.

les recherches de Magendie, nous ne possédons, en dernière analyse, que des données conjecturales qui enlèvent tout caractère sérieux aux affirmations du défenseur officieux du darwinisme.

Arrivons maintenant aux nerfs *accélérateurs* et *ralentisseurs* qui agissent sur le cœur.

Le rythme normal des battements du cœur a sa condition d'existence dans les ganglions mêmes de ce viscère ; il est donc indépendant des centres cérébro-spinaux.

Cependant, la moelle allongée peut agir considérablement sur les mouvements de l'organe cardiaque par les nerfs qu'elle lui envoie, et dont les uns ont pour effet d'accélérer, et les autres d'entraver ou d'arrêter ces mouvements (1) ; d'où la distinction de ces nerfs en accélérateurs et en ralentisseurs. En réalité, c'est le seul cas qui soit *positivement* acquis à la science (2). Néanmoins Jaeger s'empresse d'ériger ce fait particulier à la hauteur d'un principe général. Pour lui, il n'y aurait pas à s'arrêter au doute à cet égard, *parce que jusqu'ici il n'est aucun fait connu qui dépose contre la doctrine de la division des nerfs en ralentisseurs et en accélérateurs* (3).

Mais vraiment, c'est là une méthode trop expéditive, et à laquelle la science sérieuse ne saurait souscrire. Si vous voulez nous faire admettre la division des nerfs telle que vous l'imaginez, il vous faut, avant tout, l'établir par des arguments positifs, et ce n'est pas à ceux qui doutent à venir prouver qu'elle est inexacte. *Quod gratis affirmatur, gratis negatur.*

Rien n'autorise donc le professeur Jaeger à venir nous

(1) Voir David Ferrier. Ouvrage cité, p. 44-45. — Fernand Papillon, *Les passions*, *Revue des deux mondes*, 1873, tome CVIII, p. 832-833. Paris.

(2) Je parle de nerfs *ralentisseurs* ou d'arrêt qui ont pour antagonistes des nerfs *accélérateurs*. Quant aux nerfs d'arrêt considérés isolément, on en connaît plusieurs.

(3) « Weil bisher nichts bekannt ist, was gegen die Lehre vom Zerfall der Nerven in hemmende und beschleunigende spricht. » Dr Gustav Jaeger, *In Sachen Darwin's*, p. 247.

dire d'une manière absolue que l'organe central du système nerveux est formé de centres antagonistes qui sont en action continuelle.

Nous dirons même davantage : à mesure que la science parvient à localiser d'une manière spéciale les centres divers soit sensitifs, soit moteurs, l'idée d'une action incessante à la façon imaginée par Magendie s'évanouit de plus en plus. Ces centres agissent par intermittences et d'après les circonstances qui sont de nature à les exciter.

Il y a plus : il est positif que des centres qui semblent, à première vue, exercer des actions jusqu'à un certain point opposées, peuvent, en cas de lésion de l'un d'eux, se suppléer. C'est ainsi que si l'on détruit le gyrus angulaire ou pli courbe du côté droit du cerveau, la vision est détruite à l'œil gauche ; si l'on détruit le gyrus angulaire gauche, la vue se perd au côté droit. Mais lorsqu'un seul gyrus est lésé, celui qui a été conservé ne tarde guère à suppléer à l'action de l'autre et la vue se rétablit des deux côtés.

Au reste, si l'expression de Jaeger sur les centres antagonistes dont l'activité serait continuelle, a un sens intelligible lorsqu'il s'agit d'actions qui peuvent s'exercer en sens opposé, — telles que les mouvements de progression et de recul, — dans la plupart des cas, le darwiniste de Stuttgard serait bien embarrassé de nous expliquer ce que sa formule veut dire. Il n'y a pas, en effet, que des centres moteurs, il y a aussi des centres sensitifs. Nous avons, par exemple, des centres où se font sentir les odeurs ; quel est le centre antagoniste, toujours en action, qui a pour but de nous y rendre insensibles ? Nous avons des centres nerveux qui nous font entendre ; y a-t-il un centre toujours en activité pour nous rendre sourds ?

Il nous reste maintenant à examiner la *seconde question : Les idées de Jaeger sur la composition de l'organe central du système nerveux, fussent-elles exactes, pourraient-elles rendre intelligibles les attitudes expressives que Darwin rattache à son principe de l'antithèse ?*

Il est facile d'établir qu'il n'en est rien.

Et d'abord qu'ont de commun avec ces attitudes les centres toujours actifs, imaginés par Magendie, des mouvements de progression et de recul ? Il n'est pas de manifestation expressive qui ait pour caractère un mouvement continu, progressif ou rétrograde. Ce point n'a donc rien à voir dans la question.

Quant à la découverte des nerfs accélérateurs et ralentisseurs qui ont leur centre dans la moelle allongée et qui modifient à chaque instant le nombre et la puissance des pulsations de l'appareil cardiaque, elle est certainement très intéressante et propre à répandre quelque clarté sur les phénomènes, encore si obscurs, groupés sous l'action directe du système nerveux : nous aurons donc à y revenir plus tard. Mais il n'est aucune des expressions appelées antithétiques par Darwin, qui puisse dépendre de l'action plus grande ou plus faible de ces nerfs. Il est évident, d'ailleurs, qu'il ne saurait en être autrement, puisque les expressions rattachées par Darwin à son second principe, sont nécessairement opposées à des mouvements, originairement du moins, utiles et volontaires. Or, ni les uns ni les autres des nerfs antagonistes ici considérés ne sont soumis à l'empire de la volonté.

Nous dirons même davantage : la distinction des nerfs en accélérateurs et en ralentisseurs fût-elle prouvée, non pas seulement en ce qui regarde les mouvements du cœur, mais pour tous les cas possibles, elle n'a aucun rapport avec la question du principe de l'antithèse. Ici, en effet, il s'agit, par hypothèse, de mouvements *opposés*. Or, les nerfs d'arrêt ne peuvent, par eux-mêmes, créer des mouvements opposés à ceux qui répondent à l'action des nerfs accélérateurs ; ils ne peuvent que ralentir ou même supprimer les mouvements commandés par ces derniers.

Allons plus loin encore : quoique rien dans la science n'autorise les affirmations absolues de Jaeger, accordons-

lui, s'il le veut, tous ces centres nerveux antagonistes, véritablement moteurs en sens opposé et toujours agissants, dont il suppose l'existence, aura-t-il par là, comme il l'imagine, éclairé le problème de l'antithèse ? Voyons.

D'après la manière dont il explique les gestes de l'impuissance et du découragement, l'idée de Jaeger est celle-ci :

Si l'on compare deux groupes opposés de phénomènes émotionnels, dont l'un relève du principe de l'association des habitudes utiles, et l'autre du principe de l'antithèse, le premier serait le résultat d'une stimulation non excessive d'un certain ordre, tandis que le second proviendrait d'une stimulation de même ordre, mais excessive. Cette seconde stimulation, différente de la première par son intensité seulement, déterminerait la paralysie momentanée du centre nerveux qui produit les mouvements correspondants au premier groupe de phénomènes. Par suite, l'activité du centre antagoniste deviendrait prépondérante, *accidentellement* et *sans but*, ce qui aurait pour résultat les mouvements *inutiles*, *opposés* aux premiers, dans lesquels Darwin place le caractère essentiel des phénomènes d'antithèse.

Ainsi, pour appliquer ces principes aux gestes de l'impuissance en opposition avec l'indignation courroucée, Jaeger nous dit :

Ces deux émotions répondent à un seul et même stimulant : la vue ou la pensée d'un danger. Si l'impression n'est pas trop forte, c'est-à-dire, si le danger n'est pas trop grand, le centre moteur correspondant se trouve excité, et en même temps apparaissent les mouvements déterminés propres à la défense. Ce sont là des gestes qui relèvent de l'association des habitudes utiles. Mais si l'impression est trop vive, si le danger est écrasant par son imminence et par sa grandeur, ce même centre se paralyse, et par suite son antagoniste l'emporte : d'où *nécessairement* des mouve-

ments opposés et sans but. Ceux-ci dépendent du principe de l'antithèse (1).

Cette application est-elle admissible ?

Manifestement, non. Dans l'immense majorité des cas, lorsque nous faisons les gestes de l'impuissance pour nous excuser ou pour décliner une entreprise quelconque, bien loin de nous trouver sous le sentiment d'un danger capable de nous paralyser, nous n'avons aucune idée d'un danger. La vue d'un très grand péril imminent fait naître les manifestations de la terreur et de l'effroi, et pas du tout les gestes de l'impuissance. Il s'agit bien, lorsque l'on se trouve sous le coup d'un terrible et inévitable danger, de hausser les épaules !

Mais si l'on vient me faire des plaintes au sujet d'une personne à laquelle je m'intéresse, et qui tient peu de compte de mes avis, je répondrai, tout en haussant les épaules et en achevant le geste de l'impuissance : *Que puis-je faire à cela ?*

Ou bien on me propose de tenter auprès d'un personnage important une démarche que je considère comme ne pouvant pas aboutir ; je m'en excuse en disant : *C'est inutile*, et en même temps je traduis par mes gestes le sentiment de mon impuissance.

Évidemment dans ces circonstances je n'ai pas la perception du moindre danger ; il y a plus : non seulement je ne suis pas, comme le suppose la thèse de Jaeger, sous l'empire d'une émotion terrifiante, mais, le plus souvent, je n'éprouve alors que bien peu d'émotion.

Les autres phénomènes qui, à en croire Darwin, dériveraient du principe de l'antithèse, ne cadrent pas davantage avec les idées de Jaeger.

Quel est, en effet, le grand cheval de bataille de Darwin lorsqu'il veut faire accepter son principe de l'antithèse ? Nous l'avons vu antérieurement, c'est l'analyse des attitudes

(1) Voir G. Jaeger, *In Sachen Darwin's*, lieu cité.

affectueuses du chat et du chien, comparées respectivement aux démonstrations de la colère chez ces mêmes carnassiers. Jaeger voudrait-il bien nous dire comment il peut trouver dans ces mouvements opposés de la colère et de l'affection, le résultat d'un stimulant *d'une seule et même nature*, mais de degré différent. A l'entendre, les mouvements *sans but (zwecklos)* résultent de la prépondérance passagère d'un centre nerveux qui n'est plus équilibré par son antagoniste momentanément paralysé. Ce sont donc les mouvements correspondants à l'affection, qui, chez le chat et le chien, s'expliqueraient par la paralysie transitoire d'un centre nerveux. Selon Jaeger encore, la paralysie serait due à une stimulation de même nature que celle qui produit les mouvements de la colère, mais cette stimulation serait excessive. De même que, selon lui, l'indignation courroucée et le sentiment de l'impuissance sont dus à une même et unique cause, dont l'intensité seule varie, de même aussi les deux émotions, en apparence si diverses, la colère et l'affection naîtraient d'une cause occasionnelle identique, mais celle-ci agirait avec une énergie excessive lorsqu'elle éveille l'affection. Nous le demandons : est-il nécessaire de réfuter cela ?

Et pourtant Jaeger est tellement enchanté de sa trouvaille qu'il reproche à Wigand qui, naturellement, n'a pas soupçonné l'existence de cette base physiologique au principe d'antithèse, *de parler de choses auxquelles il ne comprend rien* (über Dinge zu sprechen, von denen er nichts versteht (1).

Certes, si le savant professeur de Marbourg eût voulu riposter, il lui eût été facile de retourner contre le darwiniste de Stuttgard, le jugement de celui-ci.

Nous sommes donc autorisé à conclure que tous les efforts tentés pour donner une base positive au principe d'antithèse posé par Darwin, sont inopérants. Cela pour-

(1) G. Jaeger, *In Sachen Darwin's*, p. 243

rait suffire, pensons-nous, pour écarter ce principe. Cependant nous voulons encore examiner les faits particuliers d'expression que le naturaliste anglais apporte lui-même comme exemples suffisamment probants pour motiver son principe.

II. Insuffisance des faits présentés par Darwin à l'appui du principe de l'antithèse.

Nous avons déjà, dans la première partie, exposé les expressions que Darwin explique par son second principe : les unes appartiennent à la vie émotionnelle des animaux, les autres se rattachent à l'homme lui-même. Nous verrons celles-ci en dernier lieu.

A. — *Exemples tirés des animaux.*

En ce qui concerne les animaux, Darwin n'argumente guère que des attitudes affectueuses du chien et du chat en opposition avec les attitudes que prennent respectivement ces animaux dans la colère et la préparation à une attaque.

Lorsque, nous dit ce savant, le chien s'approche menaçant, *il marche droit et très raide; sa tête est légèrement soulevée ou du moins peu abaissée*; *sa queue est relevée et tout à fait rigide ; son poil se hérisse surtout sur le cou et le dos; ses oreilles tendues se portent en avant et ses yeux ont un regard fixe.* Veut-il, au contraire, prendre une attitude caressante, *l'animal fléchit tout entier ou même devient rampant; tout son corps ondule; sa queue est abaissée et remuée de côté et d'autre ; le poil est uni, les oreilles tombent et sont tirées en arrière, et les lèvres pendent sans effort. Le retrait des oreilles en arrière allonge les paupières, et les yeux n'ont pas de regard fixe* (1).

Si les mouvements menaçants du chien sont parfaitement intelligibles dans leur but, il n'en est pas de même, selon Darwin, des mouvements qui expriment l'affection.

(1) Voir Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 50-51.

« Aucun des mouvements que nous venons de décrire, témoignages affectueux dont la signification est si claire, n'est, nous dit-il, de la *moindre utilité directe* à l'animal. Ils s'expliquent seulement, pour autant que je puis le comprendre, par leur complète opposition ou antithèse à l'attitude et aux mouvements facilement intelligibles que prend le chien lorsqu'il veut combattre, et qui, par conséquent, expriment la colère (1). »

La race féline offre au naturaliste anglais le sujet d'observations du même genre :

Lorsque le chat est irrité et prêt à combattre, *il se tient accroupi, le corps étendu ; toute la queue ou le bout seulement ondule d'un côté à l'autre ; les oreilles sont étroitement couchées en arrière ; la gueule est en partie ouverte et montre les dents ; les pattes de devant sont parfois étendues avec les griffes en dehors ; parfois aussi la bête fait entendre un grognement sauvage* (2).

Telle est donc l'attitude de combat. Mais si maintenant nous considérons une chatte au moment où elle caresse son maître, nous trouvons, nous fait remarquer Darwin, des caractères complètement opposés. *Elle se redresse et tient le dos légèrement courbé ; par suite, le poil a plutôt une apparence de rudesse, quoiqu'en réalité il ne soit pas du tout hérissé. La queue est tout à fait raide et relevée perpendiculairement ; les oreilles sont droites et pointues, la gueule est fermée, et l'animal se frotte contre son maître en faisant entendre son ron-ron au lieu d'un grognement* (3).

Or, on conçoit facilement les motifs de la différence des attitudes du chat et du chien lorsque ces animaux sont

(1) « Not one of the above movements, so clearly expressive of affection, are of the least direct service to the animal. They are explicable, as far as I can see, solely from being in complete opposition or antithesis to the attitude and movements which, from intelligible causes, are assumed when a dog intends to fight, and which consequently are expressive of anger. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 51.

(2) Voir l'ouvrage cité, p. 56.

(3) *Ibidem*, p. 56-57.

irrités. « Nous pouvons comprendre, dit Darwin, pourquoi l'attitude prise par le chat, lorsqu'il se prépare à combattre avec un autre chat ou qu'il est d'une manière quelconque fortement irrité, est si profondément différente de celle du chien qui s'approche d'un autre chien avec des intentions hostiles. Car le chat, pour combattre, se sert de ses pattes antérieures, et cela rend convenable ou nécessaire une position accroupie. Le chat aussi a beaucoup plus que le chien, l'habitude de se tenir en embuscade et de s'élancer soudainement sur sa proie (1). »

Mais quant aux mouvements caractéristiques des sentiments affectueux chez le chat, Darwin ne les trouve également explicables que parce qu'ils sont les contraires des préparatifs de la bataille. S'ils sont si différents de l'expression affectueuse du chien, c'est que le chien aussi a une tout autre manière de se disposer au combat. « Que l'on observe, nous dit Darwin, combien toute l'attitude affectueuse du chat est profondément différente de celle du chien qui caresse son maître, le corps rampant et flexueux, la queue abaissée et ondulante et les oreilles couchées. Un tel contraste dans les attitudes et les mouvements de ces deux carnassiers sous la même influence d'une émotion joyeuse et tendre, ne peut s'expliquer, à mon avis, que parce que leurs mouvements sont alors en opposition complète avec ceux que prennent naturellement les mêmes animaux lorsqu'ils sont irrités et prêts à combattre ou à saisir leur proie (2). »

(1) « We can understand why the attitude assumed by a cat when preparing to fight with another cat, or in any way greatly irritated, is so widely different from that of a dog approaching another dog with hostile intentions; for the cat uses her forefeet for striking, and this renders a crouching position convenient or necessary. She is also much more accustomed than a dog to lie concealed and suddenly spring on her prey. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 126.

(2) » Let it..... be observed how widely different is the whole bearing of an affectionate cat from that of a dog, when with his body crouching and flexuous, his tail lowered and wagging, and ears depressed, he caresses

Ainsi, d'un côté comme de l'autre, les phénomènes affectueux décrits dériveraient, selon Darwin, du principe de l'antithèse, et il les présente en première ligne comme base à ce principe.

Mais ces faits sont-ils probants? Ne sont-ils pas choisis d'une manière arbitraire et dénaturés dans leur signification? C'est ce que nous allons examiner (1).

Reprenons la thèse à démontrer.

Darwin veut établir qu'indépendamment des actes qui, dans leur signification primitive, ont un but utile; indépendamment des effets qui pourraient s'expliquer par une exubérance ou par une interruption de l'afflux nerveux, il y a chez les êtres vivants une tendance instinctive à traduire par des *mouvements opposés*, fussent-ils complètement inutiles, les *émotions opposées*, et selon lui certains mouvements expressifs ne peuvent recevoir *aucune autre explication*.

Avant tout, le point capital est donc de savoir si les oppositions voulues par le système, se trouvent effectivement dans les exemples choisis.

Darwin a-t-il effectivement, dans ces exemples, mis en regard les sentiments ou émotions contraires? Est-il vrai, comme on nous l'affirme sans hésitation, que l'affection soit

his master. This contrast in the attitudes and movements of these two carnivorous animals, under the same pleased and affectionate frame of mind, can be explained, as it appears to me, solely by their movements standing in complete antithesis to those which are naturally assumed, when these animals feel savage and are prepared either to fight or to seize their prey. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 57.

(1) L'histoire émotionnelle du chat et du chien fournit à Darwin ses principaux arguments en faveur de l'établissement de son principe de l'antithèse. Nous ne pouvons donc nous dispenser de les examiner ici Mais nous avons déjà fait la critique de ces arguments dans une *Communication à l'Assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles*, le 23 octobre 1877. Nous ne ferons guère sur ce point que reproduire les considérations émises dans ce travail. Voir *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 2e année, première partie, p. 142-157. Bruxelles, 1878.

l'émotion directement opposée à la colère belliqueuse et menaçante?

Est-il vrai, comme le suppose également la thèse du naturaliste anglais, que les mouvements affectueux du chien et du chat soient précisément opposés à ceux qu'inspire la colère ?

Il nous paraît évident que la réponse à ces questions ne saurait être douteuse.

Ainsi lorsque Darwin suppose, — et la thèse l'exige absolument, — que l'affection est l'émotion directement opposée à la colère menaçante, il fait une erreur manifeste.

Le contraire de l'affection, c'est la haine ; et la haine ordinairement n'est pas une émotion tapageuse comme la colère : c'est plutôt le plus souvent un sentiment concentré, un grondement sourd de l'être vivant.

Quant à la colère provocatrice, elle a pour émotion opposée la peur qui bat en retraite. Le sentiment que Darwin aurait dû opposer à la colère, c'est celui du chien qui n'accepte pas la lutte et qui recule, la queue pendante.

Ainsi le point de départ de la thèse de Darwin n'existe même pas : il n'oppose pas entre elles des émotions contraires.

Ce savant n'est pas plus heureux lorsqu'il suppose également que les mouvements affectueux sont, dans les exemples choisis, précisément opposés à ceux qu'inspire la colère belliqueuse. Pour en arriver là, Darwin est obligé de procéder d'une manière tout à fait arbitraire.

En effet, avant de nous dépeindre les mouvements affectueux du chien, Darwin nous le présente dans deux attitudes différentes, toutes deux expressives de la colère.

Nous avons déjà décrit la première : *le chien marche droit et très raide, sa tête est légèrement relevée ou du moins peu abaissée ; la queue est tenue droite et tout à fait rigide ; les poils se hérissent surtout sur le cou et le dos ; les*

oreilles tendues se portent en avant, et les yeux ont le regard fixe.

La seconde précède immédiatement l'attaque. *Si l'animal se prépare à s'élancer sur son ennemi avec un grognement sauvage, les canines se découvrent, et les oreilles étroitement couchées contre la tête, sont repliées en arrière* (1). Ces dernières particularités sont au plus haut point caractéristiques de la colère, qui est alors arrivée à son dernier degré. Néanmoins Darwin nous dit : *Nous n'avons pas à nous occuper ici de ces dernières actions* (2).

Mais pourquoi pas ? Il nous est impossible d'y trouver une autre raison que celle-ci : lorsque la colère précipite l'animal dans une agression violente, les oreilles qui tout à l'heure étaient dressées, retombent en arrière, afin d'empêcher qu'elles ne soient mordues dans la bataille. Or, dans l'expression affectueuse également, les oreilles se couchent aussi en arrière ; seulement elles ne sont pas pressées étroitement contre la tête, comme dans le premier cas. Mais il n'y a là qu'une différence de degré, et en somme l'expression affectueuse et la préparation immédiate à l'attaque ne peuvent, à aucun titre, être considérées comme offrant, à cet égard, des caractères opposés. Le principe de l'antithèse serait donc en défaut, si on voulait, en comparant ces expressions, expliquer l'une d'elles par ce principe.

Pour échapper à cet inconvénient, Darwin a considéré l'affection comme étant simplement opposée à la colère menaçante qui, d'ailleurs, n'aboutit pas immédiatement à l'attaque. Mais à n'envisager que la nature des choses, abstraction faite des nécessités du système, n'eût-il pas été préférable de choisir la colère qui précipite au com-

(1) « As he prepares to spring with a savage growl on his enemy, the canine teeth are uncovered, and the ears are pressed close backwards on the head. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 51.

(2) « With these latter actions, we are not here concerned. » Ch. Darwin, ouvrage cité, p. 51.

bat? Celle-ci, en effet, est la colère poussée à son paroxysme, et s'il est exact de considérer la colère dans ses manifestations les moins agressives, comme opposée à l'affection, cette opposition ne peut que grandir avec l'intensité des émotions. Mais, quoi qu'il en soit, du moins après avoir fait le choix qui lui convient, Darwin devrait rester conséquent avec lui-même.

Or il n'en est pas ainsi. Lorsqu'il s'agit du chat, en effet, Darwin nous le présente sous trois attitudes différentes de colère.

La première est celle-ci : « Lorsque cet animal est menacé par un chien, dit Darwin, il courbe son dos d'une façon étonnante, il hérisse son poil, il ouvre la gueule et crache (1). »

Nous avons déjà décrit la deuxième. Lorsque le chat est irrité, *il se tient accroupi, avec le corps étendu ; toute la queue ou le bout seulement ondule ou se courbe d'un côté à l'autre. Le poil n'est pas du tout hérissé* (2).

La troisième est l'attitude de colère qui précède immédiatement le combat. Outre les caractères que nous venons d'indiquer pour la deuxième, l'animal maintenant a *les oreilles étroitement pressées en arrière ; la gueule est partiellement ouverte et montre les dents ; parfois les pattes antérieures se projettent avec les griffes en dehors, et quelquefois aussi l'animal fait entendre un grognement féroce* (3).

Quant à la première attitude, Darwin se contente de dire : « Nous n'avons pas à nous occuper ici de cette attitude bien connue qui exprime la terreur combinée avec la colère (4). » Et pourtant c'est bien plutôt celle-ci qui cor-

(1) « When this animal is threatened by a dog, it arches its back in a surprising manner, erects its hair, opens its mouth and spits. » Ouvrage cité, p. 56.

(2) Voir Ch. Darwin, ouvrage cité, p. 56.

(3) *Ibidem.*

(4) « We are not here concerned with this well-known attitude, expressive of terror combined with anger. » Ouvrage cité, p. 56.

respond à l'attitude menaçante que le naturaliste anglais a choisie chez le chien pour l'opposer à l'expression affectueuse. D'un côté comme de l'autre, il y a hérissement du poil et raideur de tout le corps.

Pourquoi donc Darwin n'en veut-il pas ? Parce que le poil hérissé ne pourrait être considéré comme faisant contraste avec le gros dos du chat caressant.

Les autres attitudes ne sont que deux phases successives dans la colère croissante de l'animal. Dans la première, les oreilles sont droites, mais dès le moment où il va combattre, le chat tient les oreilles étroitement pressées en arrière. Or, c'est à cette dernière attitude que Darwin oppose l'expression affectueuse du chat pour l'expliquer par le principe de l'antithèse.

Pourquoi donc encore, contrairement à ce qu'il a fait pour l'espèce canine, Darwin prend-il comme antithèse de l'expression affectueuse, l'attitude du chat au moment où il va se précipiter sur son ennemi ? Manifestement la raison déterminante du naturaliste anglais, c'est qu'*il avait besoin* de trouver les caractères de l'expression affectueuse en opposition avec ceux de la colère. Et s'il ne s'était pas arrêté à l'attitude qui précède immédiatement l'attaque, il n'aurait pas eu tout à la fois à opposer aux quatre pattes droites et raides, au gros dos et à la rudesse du poil de l'expression affectueuse, le corps accroupi et le poil couché du chat courroucé. Mais il n'en est pas moins vrai qu'il y a ici une inconséquence flagrante. Pour le chien Darwin excluait, comme *n'appartenant pas à la question*, l'attitude qui précède immédiatement le combat ; pour le chat, au contraire, c'est celle-là *qui appartient exclusivement à la question*.

Ainsi nous pouvons conclure tout à la fois que la thèse de Darwin, outre les autres défauts qu'elle implique, manque ici doublement de base : dans les exemples choisis les émotions qu'il oppose l'une à l'autre, ne sont pas, en réalité, directement contraires ; et de plus pour établir

l'opposition des mouvements expressifs, il est obligé de faire entre les attitudes de la colère, un choix purement arbitraire (1).

(1) On pourrait indiquer d'autres inexactitudes dans le parallélisme qu'établit Darwin entre le chien et le chat.

Est-il vrai, par exemple, que l'assimilation complète faite par Darwin entre les émotions affectueuses du chien et du chat, soit exacte? Nous ne le pensons pas. Dans les démonstrations caressantes de ces animaux il se mêle un sentiment de joie et de plaisir, mais ce qui domine chez le chien, c'est une affection dévouée à son maître, tandis que chez le chat, — c'est là un fait proverbial, — il se mêle toujours beaucoup d'égoïsme à ses sentiments affectueux, et parfois, en caressant son maître, l'animal semble plutôt se caresser lui-même.

Gratiolet fait la même remarque : « Le chat, dit-il, est souverainement égoïste Le chat caressant ferme les yeux ; mais que dis-je? il ne vous caresse point : la vérité est qu'il se caresse lui-même en ondulant sous la main qui le flatte; tout indique la supériorité du chien. » P Gratiolet, *De la physionomie et des mouvements d'expression*, p. 48.

Un admirateur de Darwin, Léon Dumont, ne s'exprime pas autrement : « Le chien et le chat, lorsqu'ils caressent leur maître, n'éprouvent pas du tout des sentiments semblables ... On sait combien sont éloignés les caractères de ces deux animaux; rien n'est plus dévoué que le chien, rien n'est plus égoïste que le chat... Quand le chien caresse, il éprouve un double sentiment, d'abord un sentiment de plaisir, et ce plaisir se traduit par une surabondance d'excitation nerveuse qui se dépense en mobilité ; ensuite par un sentiment de dévouement par lequel il se livre à l'homme et se reconnaît son esclave ; ce dernier sentiment s'exprime par la cessation de tout effort, par le relâchement de tous les muscles du corps, et c'est ce qui produit cette attitude humble, suppliante, par laquelle l'animal fait le renoncement de lui-même et s'abandonne tout entier. Le chat, quand il caresse ou plutôt quand il se fait caresser, n'a absolument à exprimer que le plaisir ; le plaisir produit chez lui, comme chez le chien, une surabondance d'excitation nerveuse, mais cette surabondance ne prend pas tout à fait le même cours; tandis que chez le chien, elle se traduit en mobilité, chez le chat elle se dépense en ces contractions de muscles d'où résulte le gros dos et le roidissement du corps entier de l'animal. La renonciation à tout effort ne permet chez le chien que les contractions momentanées et fugitives qui produisent le mouvement; tandis que chez le chat où cet abandon ne se produit pas, rien ne vient empêcher le supplément de force nerveuse de s'employer en contractions fixes et prolongées. » Léon Dumont, *Le tranformisme en Angleterre; Revue scientifique*, 3 mai 1873, p 1037-1038.

Quoiqu'il y ait quelque chose de trop absolu dans l'assertion de Dumont, lorsque celui-ci nous dit que le chat, en caressant, *n'a absolument qu'à exprimer le plaisir*, on ne peut nier qu'effectivement le chien et le chat ne présen-

Mais ce n'est pas tout : évidemment pour admettre ce principe de l'antithèse, il faut que les expressions qui y sont rattachées n'aient pas d'autre explication intelligible ; sinon ce principe est inutile.

Or, est-il bien vrai que les expressions affectueuses du chat et du chien ne soient pas explicables autrement que par la loi de l'antithèse ?

Nous ne le pensons pas.

Chez le chien et chez le chat il y a tout à la fois, dans ces circonstances, des mouvements qui ne sont que la conséquence de l'excitation due au plaisir, et d'autres qui tendent directement à l'expression de l'affection.

Les premiers dominent le plus souvent chez le chat. Je signalerai, entre autres, un mouvement que j'ai bien des fois constaté. Un des premiers effets de la satisfaction qu'éprouve le chat en revoyant son maître chéri, c'est un mouvement vibratoire, une espèce de frémissement de plaisir, qui agite tout le corps de l'animal, en même temps qu'il fait le gros dos. Ces trépidations sont aussi facilement

tent de grandes différences sous le rapport des émotions affectueuses. Il n'est donc pas étonnant que les expressions de ces émotions se distinguent également par certains caractères.

Cependant nous ne pouvons admettre que les démonstrations affectueuses des races félines et canines soient aussi *profondément différentes* que l'affirme Darwin (ouvrage cité, p. 57), pour les besoins de sa thèse. Que l'affection, *avec un fond commun d'expression*, se traduise chez le chat et chez le chien avec des nuances différentes, nous l'admettons parfaitement. Mais au fait le fond commun existe, et il consiste surtout dans la recherche des impressions de contact avec le maître qu'ils chérissent. Le mode même employé par l'animal pour rechercher ces impressions, se rapproche, chez le jeune chat en particulier, d'une manière remarquable de celui du chien : chez le jeune chat, le gros dos semble le premier effet de l'excitation nerveuse due au plaisir de se trouver avec son maître ; mais très souvent je l'ai vu prendre ensuite des mouvements sinueux, se contourner, se rouler autour du cou de son maître, lui lécher les mains. Darwin lui-même rapporte également qu'on a vu parfois des chats lécher les mains. Pour ma part, je l'ai vu bien des fois. Or, ce sont là des mouvements analogues ou identiques à ceux que l'on voit exécuter au chien pour témoigner l'affection. A cet égard les assertions de Darwin sont donc également en défaut. Mais nous laissons là ces inexactitudes qui ne sont qu'accessoires relativement à la question.

perceptibles au toucher des doigts que le seraient les vibrations des cordes d'un violon sous l'archet. Il est clair que ces sortes de mouvements n'ont absolument rien de commun avec le principe supposé de l'antithèse, mais qu'ils s'expliquent par l'action directe du système nerveux.

Quant aux seconds, ils sont parfaitement explicables par le désir instinctif de l'animal de témoigner son affection à son maître. Et c'est bien gratuitement que le théoricien anglais considère, en général, ces mouvements comme dénués de toute utilité pour l'animal qui les produit. N'est-il pas évident que le chien et le chat, qui obtiennent de bons traitements et des friandises du maître qu'ils caressent, ont tout intérêt à lui donner des témoignages affectueux?

Il est vrai que Darwin semble à cet égard distinguer entre l'utilité *directe* et *indirecte*. Lorsqu'il définit d'une manière générale les mouvements explicables par le principe de l'antithèse, il dit simplement *qu'ils ne sont d'aucun usage*, — *these are of no use* (1); — ici il se contente de dire que l'attitude affectueuse du chien ne lui est pas de la *moindre utilité directe*, — *of the least direct service* (2).

Mais cette distinction est sans portée dans le cas présent.

Si, en effet, Darwin veut dire par là que les mouvements d'affection du chien et du chat ne leur sont utiles que parce qu'ils touchent leur maître et leur attirent ainsi des faveurs, il n'y a rien là qui ne ressemble parfaitement aux effets dus aux démonstrations de la colère. Car si les animaux retirent quelque utilité de leur attitude menaçante en présence d'un ennemi, c'est que celui-ci, intimidé par cette attitude, renonce à toute entreprise agressive. L'effet utile est tout aussi indirect dans un cas que dans l'autre, et à raison de cette utilité on doit, dans les deux cas, le faire

(1) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 23.
(2) *Ibidem*, p. 51.

dépendre du principe de l'association des habitudes utiles.

En résumé, de quelque manière que l'on envisage les expressions affectueuses du chien et du chat, elles ne réclament en aucune façon l'établissement d'un principe particulier d'antithèse. Et c'est là pourtant l'argument essentiel que Darwin prétend tirer de l'histoire des animaux en faveur de ce principe.

Disons cependant encore un mot d'un fait particulier que cet observateur emprunte également, d'une manière subsidiaire, aux mœurs des animaux. Il s'agit toujours du chien. Voici comment le naturaliste anglais nous raconte la chose :

« Je possédais autrefois, dit-il, un grand chien qui, à l'instar de ses pareils, aimait beaucoup à sortir pour la promenade. Il montrait son plaisir en trottant gravement devant moi, avec de grandes enjambées, la tête fort relevée, les oreilles modérément tendues et la queue tenue droite, mais non rigide. Non loin de ma maison, un sentier s'engage à droite dans la direction de la serre, que j'avais coutume de visiter souvent, pour quelques moments, afin d'examiner les plantes sur lesquelles je faisais des expériences. C'était toujours un grand désappointement pour le chien, car il ne savait si je continuerais ma promenade. Dès le moment où je me tournais quelque peu vers ce sentier,... soudain toute son attitude traduisait d'une manière risible un changement complet d'expression..... Il consistait en ceci : la tête était fortement penchée, tout le corps s'infléchissait un peu et demeurait sans mouvement ; les oreilles et la queue retombaient aussitôt, sans que celle-ci ondulât le moins du monde. Avec ses oreilles et ses grandes mâchoires tombantes, les yeux changeaient beaucoup d'apparence, et il me semblait qu'ils devenaient moins brillants. Tout annonçait en lui un abattement piteux et profond (1). »

(1) « I formerly possessed a large dog, who, like every other dog, was

Tel est le fait, et certes il n'offre rien de bien étrange, tous nos lecteurs ayant sans doute eu l'occasion de faire des observations analogues. Pour ma part, j'ai pu, pendant longtemps, en renouveler de semblables tous les jours. Je possédais un chien barbet qui, dans l'espoir de m'accompagner, manifestait la joie la plus vive dès le moment où il me voyait prendre mon chapeau pour sortir ; sa joie n'était pas seulement grave comme celle du chien de Darwin : elle était pétulante et sa queue ondulait de la façon la plus significative, ce qui ne faisait que rendre plus sensible le contraste de l'attitude de la déception. Aussitôt, en effet, que d'un geste ou d'un mot je lui avais fait comprendre qu'il devait rester au logis, toutes les manifestations de la joie s'évanouissaient pour faire place aux marques les moins équivoques d'un complet désappointement, la queue tombait, la tête se penchait et le regard devenait morne.

Or, dans ces faits, bien simples, semble-t-il, Darwin voit encore un exemple qui ne peut s'expliquer que par son principe d'antithèse. Laissons-le parler de nouveau au sujet de l'expression piteuse de son chien.

« Tout dans son attitude, nous dit-il, était en opposition complète avec son premier maintien où tout respirait une joie tempérée par la dignité. Cette attitude n'est explica-

much pleased to go out walking. He showed his pleasure by trotting gravely before me with high steps, head much raised, moderately erected ears, and tail carried aloft but not stiffly. Not far from my house a path branches off to the right, leading to the hot-house, which I used often to visit for a few moments, to look at my exprimental plants. This was always a great disappointment to the dog, as he did not know whether I should continue my walk ; and the instantaneous and complete change of expression which came over him, as soon as my body swerved in the least towards the path..... was laughable..... This consisted in the head drooping much, the whole body sinking a little and remaining motionless ; the ears and tail falling suddenly down, but the tail was by no means wagged. With the falling of the ears and of his great chaps, the eyes became much changed in appearance, and I fancied that they looked less bright. His aspect was that of piteous, hopeless dejection. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 57-60.

ble, ce me semble, que par le principe de l'antithèse. Si ce changement n'eût été aussi soudain, je l'aurais attribué à un sentiment de contrariété, réagissant, comme chez l'homme, sur le système nerveux et la circulation, et par conséquent modifiant le ton de toute l'organisation musculaire, et telle peut être la cause partielle du phénomène (1). »

Il est pourtant bien facile de montrer, pensons-nous, que cet exemple est également inopérant pour établir le principe de l'antithèse.

Et d'abord nous remarquons qu'ici encore Darwin n'a pu éviter l'arbitraire dans sa façon de fixer ce qui précisément est le contraire d'un mouvement déterminé. Pour lui, l'air piteux de son chien décontenancé est en *complète* antithèse avec un air joyeux, mais empreint de *dignité*, et marqué par la queue tenue *droite*. Mais chez mon caniche ce même air piteux devrait être considéré aussi comme étant en *complète* antithèse avec un air joyeux *plein de pétulance* et marqué par une queue *ondulante*. Il semble pourtant qu'il n'en devrait pas être ainsi, et que deux mouvements qui seraient en complète antithèse avec un même troisième, devraient être identiques. Ce serait logique, et pourtant, quand on veut appliquer en fait le principe de l'antithèse de Darwin, on arrive à d'autres conséquences.

Mais passons sur ces difficultés d'application. Il est évident, pour nous, que l'expression piteuse décrite n'implique en aucune façon le principe de l'antithèse imaginé par Darwin. Nos lecteurs vont en juger.

D'abord nous ne voyons pas pourquoi Darwin n'explique

(1) « Every detail in his attitude was in complete opposition to his former joyful yet dignified bearing; and can be explained, as it appears to me, in no other way, except through the principle of antithesis. Had not the change been so instantaneous, I should have attributed it to his lowered spirits affecting, as in the case of man, the nervous system and circulation, and consequently the tone of his whole muscular frame; and this may have been in part the cause. » Ch. Darwin, ouvrage cité, p. 60.

que d'une manière partielle et hypothétique, au moyen de l'influence directe du système nerveux, les phénomènes de désappointement présentés par nos chiens. Il est bien clair que le plaisir et la peine doivent exercer des réactions toutes contraires sur le système nerveux. Ces réactions opposées sont des causes *positives* dont les effets doivent retentir dans tout l'organisme, et comme telles elles doivent être préférées à une tendance à produire des mouvements uniquement parce qu'ils sont la *négation* d'autres. Et certes la promptitude des effets n'est pas une raison de répudier ici cette influence directe du système nerveux, car il est une foule de circonstances où ces sortes d'effets se manifestent d'une manière absolument soudaine.

Sur ce point encore, nous nous retrouvons d'accord avec L. Dumont. Après avoir parlé aussi des expressions qui peignent la colère et l'affection, et que nous avons déjà examinées, il ajoute :

« Darwin cite ensuite l'exemple d'un chien qui, passant subitement d'un sentiment de plaisir à une vive contrariété, montre à l'instant même une transformation complète dans son attitude et sa physionomie. Mais n'est-il pas évident que ce changement vient de l'influence toute différente exercée sur le système nerveux par le plaisir et la peine? Notre auteur reconnait lui-même que cette influence *peut avoir été en partie la cause du changement d'expression.* Pourquoi cette cause ne suffirait-elle pas à expliquer le changement tout entier? C'est, répond Darwin, parce qu'il est tellement rapide que les modifications des systèmes nerveux et circulatoires n'auraient pas eu le temps de se produire. C'est une erreur ; car l'influence produite sur tout l'organisme par certaines émotions pénibles, telles que la peur, la douleur, la colère, est évidemment instantanée (1). »

(1) Léon Dumont, *Le transformisme en Angleterre; Revue scientifique*, 3 mai 1873, p. 1038. Paris.

Le second motif que nous avons de rejeter ici l'interprétation de Darwin, c'est que l'application qu'il fait, dans ce cas, de son principe de l'antithèse, n'est pas même d'accord avec la définition de ce principe.

Rappelons comment Darwin expose lui-même l'origine des expressions dues au principe de l'antithèse :

Il y a là deux expressions en présence. La première consiste dans un ensemble de mouvements produits, primitivement du moins, dans un but utile, sous l'empire de certains sentiments ; elle est toujours explicable par le premier principe. La seconde expression, qui s'expliquerait par le principe de l'antithèse, consiste dans des mouvements produits sous une émotion complètement opposée, mais dénués de toute utilité, et dont la seule raison d'être serait leur opposition également complète aux premiers. La première expression qui seule rend raison de la seconde, est donc quelque chose de primitif ; la seconde, au contraire, serait une expression dérivée, née par opposition avec la première.

Mais dans le cas observé chez nos chiens, il n'en est pas ainsi. Les démonstrations joyeuses qui ont précédé l'attitude du désappointement, ne sont que le résultat de l'excitation nerveuse due à l'impression du plaisir ; ce ne sont pas des mouvements coordonnés vers un but particulier. Il n'y a donc aucune raison de les considérer comme une expression primitive qui aurait donné naissance, par opposition, à l'attitude de la contrariété. Puisque ces émotions pourraient fort bien se succéder en sens inverse, il serait tout aussi logique d'envisager l'attitude de la contrariété comme une expression primitive, et de faire dériver de celle-ci par opposition, en vertu du principe de l'antithèse, l'expression de la joie, ce qui nous ferait tourner manifestement dans un cercle vicieux. Cette contradiction logique, il n'est possible de l'éviter qu'en rejetant ici toute application du principe de l'antithèse, pour expliquer simplement les caractères opposés de ces expressions par l'action toute

différente que doivent exercer, sur la constitution nerveuse, les émotions du plaisir et de la peine.

En somme, les faits empruntés par Darwin à l'histoire des animaux, ne déposent pas en faveur de son principe. Voyons si le langage des expressions chez l'homme aura plus de valeur au point de vue de la thèse.

B. — *Exemples tirés de l'homme.*

Darwin lui-même semble généralement attacher peu d'importance, relativement à l'établissement du principe de l'antithèse, aux faits empruntés aux manifestations émotionnelles chez l'homme. « Dans ces cas, dit-il, nous sommes particulièrement exposés à confondre des démonstrations et des expressions conventionnelles ou artificielles avec celles qui sont innées ou universelles, et qui seules méritent d'être rangées parmi les vraies expressions (1). »

Quoi qu'il en soit, l'homme, selon Darwin, présente deux expressions qui s'expliqueraient par le principe de l'antithèse : celle de l'impuissance et celle de l'étonnement.

Impuissance. « Lorsqu'un homme, dit Darwin, désire montrer qu'il ne peut faire une chose, ou qu'il ne peut empêcher qu'elle soit faite, il élève souvent avec rapidité les deux épaules (2). Et en même temps, si le geste est complet, il replie ses coudes en dedans, élève les mains ouvertes en les tournant en dehors, avec les doigts écartés. Souvent la tête est un peu penchée de côté ; les sourcils sont relevés, et il en résulte des rides à travers le front. La bouche est généralement ouverte (3). »

(1) « In these cases, we are particularly liable to confound conventional or artificial gestures and expressions with those which are innate or universal, and which alone deserve to rank as true expressions. » Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 50.

(2) D'après nos propres remarques, ce soulèvement des épaules s'opérerait le plus souvent avec une certaine lenteur.

(3 « When a man wishes to show that he cannot do something, or prevent something being done, he often raises with a quick movement both shoulders. At the same time, if the whole gesture is completed, he bends his

Tels sont les faits essentiels qui, selon Darwin, traduisent le sentiment de l'impuissance.

Ces gestes s'accompagnent souvent de paroles telles que celle-ci : *Que pouvais-je faire à cela?* ou bien : *Cela m'est impossible*, et autres formules analogues.

Or, d'après le naturaliste anglais, tous ces mouvements, qui expriment l'impuissance, dérivent de la loi de l'antithèse.

« Pas un des mouvements décrits, nous dit ce savant, n'est de la *moindre utilité*. L'explication réside, je n'en puis douter, dans le principe de l'antithèse inconsciente...

» Que l'on observe comment un homme indigné, qui ressent une injure qu'il ne veut pas subir, tient la tête droite, carre ses épaules et gonfle sa poitrine. Souvent il serre les poings et présente un bras ou tous les deux dans la position propre pour l'attaque et la défense, en même temps que les muscles des membres sont rigides. Il fronce, c'est-à-dire il contracte et abaisse, ses sourcils, et comme signe de détermination tient la bouche fermée. Les actions et l'attitude d'un homme découragé sont, sous tous ces rapports, exactement l'inverse..... L'homme découragé contracte inconsciemment le muscle frontal antagoniste des muscles qui causent le froncement des sourcils, et ainsi il élève ceux-ci. En même temps il relâche les muscles qui entourent la bouche, en sorte que la mâchoire inférieure est pendante (1). »

Mais ici encore, les faits ont-ils bien l'origine physiologique que leur prête Darwin? Il nous semble que non, et cela pour deux motifs.

1° Et d'abord, il est bien clair que, d'après Darwin lui-même, il n'y a lieu de faire intervenir le principe de l'anti-

elbows closely inwards, raises his open hands, turning them outwards, with the fingers separated. The head is often thrown a little on one side; the eyebrows are elevated, and this causes wrinkles across the forehead. The mouth is generally opened. » Ouvrage cité, p. 264.

(1) Ch. Darwin, ouvrage cité, 271-272.

thèse, que si les mouvements décrits sont inutiles. Aussi nous déclare-t-il, avant tout, qu'ils le sont. « Pas un des mouvements décrits n'est de la moindre utilité. » Tel est le point de départ nécessaire de toute l'argumentation du naturaliste anglais.

Or, ce point de départ est inadmissible. Tous ces mouvements sans vigueur dans les bras, ces mains ouvertes, ces épaules soulevées, toute cette attitude incompatible avec la résistance, tout cela est posé avec un but parfaitement déterminé. On veut s'excuser de ne pas faire une chose, décliner une responsabilité, ou même montrer simplement qu'on n'est pas disposé à accéder à un désir exprimé. Il y a plus : ces mouvements ne sont le plus souvent que des gestes accompagnant des déclarations formelles d'impuissance ou des formules d'excuses. D'après nos remarques, jamais ces gestes ne sont faits d'une manière absolument inconsciente ; on sait qu'on les fait et pourquoi on les fait.

Il est évident qu'il est fort utile de pouvoir ainsi, quand on le désire, faire accepter de nos interlocuteurs une excuse d'impuissance ou écarter une responsabilité gênante. Au besoin, nous l'établirions par le témoignage de Darwin lui-même. « Comme l'homme découragé, ou qui veut s'excuser, nous dit ce naturaliste, désire souvent montrer sa disposition d'esprit, il étale alors ses gestes d'une manière démonstrative (1). » Évidemment si celui qui veut s'excuser, agit ainsi, c'est qu'il y trouve de l'utilité.

Citons particulièrement un exemple rapporté par Darwin. Le directeur du Jardin botanique de Calcutta, M. Scott, a souvent vu déployer les gestes de l'impuissance par les ouvriers lorsqu'ils déclarent être incapables de faire quelque besogne, comme de soulever, par exemple, un poids trop pesant. Un jour, « il ordonna à un Bengalais de grimper sur un arbre élevé ; mais cet homme, haussant

(1) Ch. Darwin. *The expr ssion of the emotions*, p 272.

les épaules et inclinant la tête de côté, dit qu'il ne le pourrait pas. M. Scott, sachant que l'ouvrier était paresseux, croyait qu'il le pouvait, et insistait pour le faire essayer. Alors le visage du Bengalais devint pâle, ses bras retombèrent à ses côtés, sa bouche et ses yeux s'ouvrirent largement. Examinant de nouveau l'arbre, il jeta un regard oblique sur M. Scott, haussa les épaules, tourna les coudes en dedans, étendit les mains ouvertes, et faisant rapidement de côté quelques mouvements de tête, il déclara qu'il était incapable d'une telle ascension (1). » Or, n'est-il pas évident que ce pauvre ouvrier, exposé peut-être à se briser l'épine dorsale en essayant une ascension au-dessus de ses forces, a retiré de sa pantomime expressive une grande utilité, puisqu'elle lui a permis de se soustraire au travail commandé?

Nous pourrions tirer encore de Darwin, le récit d'un autre fait qui montre bien que ces sortes de gestes sont employés avec la conscience parfaite du but que l'on veut atteindre. Un jeune homme était décidé à ne tenir aucun compte des remontrances paternelles sur un point particulier. Il enfonça les mains dans ses poches et souleva les épaules jusqu'aux oreilles pour montrer qu'il ne voulait rien entendre. Mais aussitôt qu'il eut ainsi obtenu d'être abandonné à ses instincts, les épaules reprirent leur position naturelle (2).

Il n'y a donc rien dans l'expression de l'impuissance qui tende à faire admettre chez l'homme une tendance innée

(1) « He ordered a Bengalee to climb a lofty tree; but the man, with a shrug of his shoulders and a lateral shake of his head, said he could not. M. Scott knowing that the man was lazy, thought he could, and insisted on his trying. His face now became pale, his arms dropped to his sides, his mouth and eyes were widely opened, and again surveying the tree, he looked at M. Scott, shrugged his shoulders, inverted his elbows, extended his open hands, and with a few quick lateral shakes of the head declared his inability. » Ouvrage cité, p. 268.

(2) Voir M. Oliphant, *The Brownlows*, vol. II, p 206. (Citation de Darwin, p 270-271.)

à produire des mouvements complètement inutiles, uniquement parce qu'ils seraient opposés à d'autres mouvements utiles. En fait, il est clair qu'il doit y avoir une certaine opposition entre les gestes expressifs de la résignation et du *laisser-faire* et ceux qui annoncent l'énergie et la résistance; mais ces différences s'expliquent par la différence du but. De part et d'autre, il y a un mobile positif, et non pas, comme l'imagine Darwin, dans l'un des cas une tendance purement négative qui tiendrait lieu de cause réelle.

2° Darwin suppose que l'indignation courroucée est l'émotion directement opposée à l'impuissance découragée. L'indignation courroucée est pourtant quelque chose qui ressemble fort à la colère; or lorsqu'il s'agissait des animaux, Darwin avait opposé aux frémissements de la colère les sentiments affectueux et tendres. Ici il n'est plus question de ces sentiments, et nous croyons que le naturaliste anglais s'est davantage rapproché de la vérité. Cependant le sentiment de l'impuissance est-il bien directement opposé au courroux? Nous ne le pensons pas. Ici encore il nous paraît que l'émotion précisément inverse du courroux, c'est la peur matée, la peur qui s'efface et se replie sur elle-même.

3° En ce qui regarde les mouvements, pour pouvoir affirmer qu'il y a, dans l'attitude de l'homme courroucé et dans celle de l'homme qui se sent impuissant, antithèse complète dans chaque détail, Darwin est bien aussi un peu obligé de faire un triage dans les faits, et de les nuancer au point de vue de la thèse.

Ainsi il est parfaitement vrai que chez l'homme menaçant, la bouche est étroitement fermée comme signe de détermination. Mais est-il vrai que chez l'homme qui abdique toute énergie de résistance, la mâchoire inférieure, au contraire, est généralement pendante? Nous ne pouvons absolument pas l'admettre, car nos remarques personnelles contredisent à cet égard l'assertion du savant anglais.

Voici comment nous trouvons que les choses se passent généralement. En même temps que l'on exécute les gestes de l'impuissance, on la déclare par des paroles, telles que celles-ci : *Je ne puis rien à cela ;* ou bien : *Que voulez-vous que j'y fasse ;* ou bien encore : *Cela m'est impossible*, ou d'autres formules appropriées à la situation. Or, il est bien clair que pour parler, il faut ouvrir la bouche. Si donc ici la bouche n'est pas fermée comme dans l'attitude de la détermination indignée, ce n'est nullement par une tendance à laisser pendre la mâchoire, mais pour rendre possible l'articulation des sons.

Et ce serait en vain que l'on nous objecterait l'exemple que nous avons cité du Bengalais qui avait reçu l'ordre de grimper sur un arbre trop élevé. Nous voyons effectivement que, dans cette circonstance, sur l'ordre réitéré de M. Scott, le visage du Bengalais *devint pâle*, et *sa bouche et ses yeux s'ouvrirent largement.* Mais il y a eu évidemment chez ce malheureux une succession ou un mélange d'émotions diverses. La pâleur de son visage n'a rien à faire avec l'expression placide de l'impuissance, elle a été causée par l'impression du danger auquel il allait s'exposer : c'est donc sous l'impression d'un ébahissement mêlé de terreur, en considérant l'arbre élevé sur lequel il devait grimper, que la mâchoire inférieure est devenue pendante chez cet individu. Et en effet, tout le monde a pu observer que dans toutes les émotions qui sont des nuances diverses de l'étonnement, la bouche s'ouvre toujours.

D'autre part, le *froncement* des sourcils chez l'homme courroucé ne consiste pas uniquement dans leur abaissement, mais dans l'expression de l'impuissance, il y a simplement relèvement des sourcils. A cet égard donc, les actes expressifs qui répondent à ces deux situations d'esprit, ne sont pas *exactement l'inverse*, comme l'affirme Darwin. De plus, pour avoir chez l'homme impuissant antithèse complète avec l'attitude de l'homme qui serre les poings et *avance* les bras en signe de menace, le premier

devrait faire le geste des bras et de la main, non pas en avant, comme fait l'homme menaçant, mais en portant les mains *derrière le dos*. Pour ces détails, du moins, il n'y a aucune opposition dans les gestes comparés.

Ainsi, quoique le naturaliste anglais insiste sur l'ensemble des gestes les plus favorables à sa thèse, nous devons en écarter plusieurs comme inconciliables avec elle.

Il y a, au reste, beaucoup de variétés dans les mouvements inspirés par le désir de montrer son impuissance ou de s'excuser. Parfois, au lieu du haussement des deux épaules, nous avons observé qu'une seule était soulevée. Souvent aussi nous avons eu l'occasion de remarquer chez un jeune homme têtu, qui se refusait à acquiescer aux désirs qu'on lui exprimait, non seulement le haussement des épaules, mais le fait de porter les mains sur les oreilles pour ne pas entendre.

Darwin remarque, de son côté, que la résignation, l'intention de ne rien faire, s'exprime quelquefois en plaçant les mains l'une sur l'autre et en les laissant reposer sur la partie inférieure du corps. Cette attitude, en effet, exclut évidemment toute idée de résistance.

Enfin nous mentionnerons une attitude que Darwin ne fait qu'indiquer et qui pourtant est bien caractéristique de la situation de l'homme conscient de son impuissance : c'est le croisement des bras sur la poitrine. Ce geste est tellement expressif que pour peindre un homme qui renonce à tout acte de résistance en présence d'un mal à éviter, on dit qu'*il se croise les bras en face du danger*.

Voilà certes des mouvements bien disparates qui tous, pourtant, répondent à une situation d'esprit que Darwin considère comme précisément opposée à l'indignation courroucée. Par suite tous et chacun d'eux devraient être, d'après la pensée de Darwin, exactement inverses de l'attitude qu'inspire le courroux. Or, comment pourrait-il en être ainsi? Un seul et unique mouvement déterminé peut-il être

directement opposé à des mouvements qui rayonnent dans toutes les directions?

En résumé, l'homme qui exprime son impuissance, exécute d'une façon jusqu'à un certain point instinctive, mais pourtant avec conscience du but qu'il veut atteindre, des mouvements variables et disparates, incompatibles avec toute idée de résistance. Cette exclusion de toute résistance est le fond commun d'expression de ces mouvements, mais ils se modifient d'après les diverses nuances des dispositions de l'individu : ils s'écartent tous plus ou moins par des causes intelligibles de l'attitude de la menace, mais, selon nous, ils ne se trouvent jamais en complète antithèse avec cette attitude.

Étonnement. L'expression de l'étonnement ne nous paraît pas plus favorable à l'admission du principe de l'antithèse.

Il y a dans cette expression, divers traits dont Darwin ne s'occupe pas au point de vue de la question que nous traitons. L'homme étonné ouvre la bouche et surtout les yeux ; ce sont là les traits les plus caractéristiques de cette émotion, et Darwin ne songe pas à les rattacher à sa loi d'antithèse. Mais parfois aussi on exécute alors des gestes qui, ainsi que nous l'avons déjà vu ailleurs, lui semblent favoriser ses idées. Souvent, sous l'impression de l'étonnement, *les mains ouvertes s'élèvent jusqu'au-dessus de la tête, ou les bras étant fléchis, elles arrivent jusqu'au niveau du visage. La paume de la main est dirigée vers la personne qui cause l'étonnement et les doigts étendus sont séparés* (1). Chez certains individus ces gestes sont remplacés par l'*extension des bras tendus en arrière, les doigts ouverts étant séparés les uns des autres* (2).

Or, Darwin, dans ces particularités, voit une application claire de sa loi de l'antithèse. Voyons, de nouveau, comment il développe sa pensée sur ce point.

(1) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 286.
(2) *Ibidem*, p. 287.

« Un homme dans une disposition ordinaire d'esprit, ne faisant rien, ne pensant à rien de particulier, tient d'habitude ses deux bras pendant librement à ses côtés, avec les mains un peu courbées et les doigts rapprochés. Par conséquent, dit Darwin, élever les bras tout à coup, soit les bras tout entiers ou seulement les avant-bras, étaler les mains ouvertes et séparer les doigts, — ou, de même, raidir les bras en les étendant par derrière avec les doigts séparés, — ce sont là des mouvements en complète antithèse avec ceux que l'on garde dans une situation d'esprit indifférente, et par suite ils sont produits inconsciemment par l'homme étonné (1). »

Mais pas plus dans ce cas que dans les précédents, l'interprétation donnée aux faits par Darwin ne nous paraît naturelle. Et en effet,

1° D'après Darwin lui-même l'intervention du principe de l'antithèse dans l'expression d'une émotion, suppose nécessairement que l'expression ainsi dérivée correspond à une émotion ou situation d'esprit *directement opposée* (2) à une autre. L'antithèse dans les mouvements suppose donc avant tout l'antithèse dans les dispositions psychiques.

Or, en est-il ainsi ?

Darwin nous met d'abord en présence d'un homme *qui se trouve dans une disposition ordinaire d'esprit, ne faisant rien, ne pensant à rien de particulier*. Voilà la première situation.

Le naturaliste anglais nous présente ensuite un homme *étonné*. L'étonnement le conduit, selon lui, à des mouvements en complète antithèse avec ceux qui accompagnaient la première situation d'esprit. Par conséquent, quoiqu'il évite de le dire en termes formels, l'*étonnement* doit être considéré comme l'état d'esprit directement opposé à celui de l'homme *qui ne pense à rien*.

(1) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 288.
(2) *Ibidem*, p. 28 et 50

Mais pourquoi, demanderons-nous, l'étonnement est-il précisément cela ? Le caractère mental de l'homme *qui ne pense à rien*, est purement négatif. Tout état *actif* de l'esprit est en opposition avec celui-là, et d'autant plus que cet état supposera plus d'activité. L'étonnement n'est pas plus l'état mental *directement opposé* à la non-activité d'esprit, que ne le sont le chagrin, la joie, la haine, la colère, la terreur, l'amour et une foule d'autres émotions quelconques. La supposition qui sert de point de départ à l'explication de Darwin est donc ici purement arbitraire.

2° Nous devons rappeler de nouveau que toute expression dérivée d'une autre par antithèse, suppose, d'après la définition même de Darwin, que cette autre consiste essentiellement en des mouvements utiles, conduisant à un but déterminé. Or, la situation d'un homme *qui ne s'occupe de rien*, *qui ne pense à rien*, ne conduit à aucun mouvement déterminé pour atteindre un but, une utilité quelconque en rapport avec cette situation. Cela étant, il n'y a pas plus de motif d'envisager l'expression de l'indifférence comme une expression *primitive* de laquelle découleraient par antithèse les mouvements de l'étonnement, qu'il n'y en a de faire, d'une manière inverse, dériver de l'expression de l'étonnement celle du repos mental : les idées de Darwin tournent ici dans un *cercle vicieux*. Il y a plus : comme l'étonnement tend *positivement* à agir sur l'organisation, les mouvements qu'il entraîne devraient logiquement être considérés de préférence comme une expression primitive, et les mouvements accompagnant un état mental purement négatif devraient plutôt être dérivés de ceux-là, si les uns étaient déduits des autres.

Il y a donc tout à la fois arbitraire et contradiction dans l'explication donnée des mouvements de l'étonnement : *arbitraire*, parce qu'il n'y a aucun motif sérieux de considérer l'étonnement comme étant précisément l'émotion opposée à la non-activité de l'esprit ; *contradiction*, parce que l'explication est inconciliable avec la définition du

principe de l'antithèse. Ces raisons sont plus que suffisantes pour faire rejeter la thèse ; cependant nous ajouterons encore quelques remarques.

3° Darwin nous décrit les bras qui pendent avec les mains légèrement fermées, comme l'expression de l'homme *ne pensant à rien de particulier*. L'étonnement impliquant l'attention, notre théoricien des phénomènes émotionnels a besoin, pour créer une situation d'esprit opposée, d'exclure de celle-ci l'attention. Mais il est évident que l'on peut très bien avoir les bras qui pendent avec les mains légèrement fermées, tout en *pensant à quelque chose*. Et même comme une telle attitude est celle d'un homme éveillé, il n'est pas possible qu'elle coïncide habituellement avec cette absence de toute activité intellectuelle que suppose Darwin. Quel est l'homme qui, dans une promenade, malgré qu'il ait l'habitude décrite par le naturaliste anglais, puisse dégager son esprit de toute pensée particulière durant une seule minute?

4° Pour Darwin, élever jusqu'au-dessus de la tête les mains ouvertes et tournées vers l'objet qui est la source de l'étonnement, tendre les bras au niveau du visage, raidir les bras en arrière ; tout cela, en supposant les doigts séparés, est en *complète antithèse* avec les bras pendants et les mains légèrement fermées. Mais si pour des mouvements si disparates cette qualification identique est réellement exacte, il faut avouer que la complète antithèse des mouvements est quelque chose de bien vague. En fait, dès le moment où ils ne seront pas les mêmes, on pourra toujours dire en raisonnant de la sorte, qu'ils sont en complète antithèse.

5° Lorsque dans le geste de l'étonnement les mains sont relevées comme l'indique Darwin, la paume est dirigée vers l'objet qui est la source de l'étonnement. C'est là un détail tout à fait caractéristique. Or, l'opposition aux mains légèrement fermées avec les bras pendants, ne nécessite pas du tout cette direction déterminée. Ce point

met donc manifestement en défaut l'explication de Darwin.

6° Au contraire, les mouvements de l'étonnement nous paraissent, comme on l'a déjà fait remarquer avant nous (1), pouvoir s'expliquer par l'influence d'une association d'idées. Nous trouvons-nous en face d'un danger à éviter, nous avons l'habitude de porter précipitamment les mains vis-à-vis du visage pour le protéger. En présence d'un phénomène qui nous étonne, sous la vague appréhension de quelque chose à éviter, nous portons instinctivement les mains vis-à-vis de la figure. La direction même de la paume de la main, comme si l'on voulait repousser un choc imminent, se conçoit ainsi comme toute naturelle. L'application de la main sur la tête ou même sur la bouche comme signe d'étonnement, mouvement que Darwin déclare ne pouvoir expliquer (2), devient également intelligible dans cet ordre d'idées. On porterait la main sur la tête par un geste instinctif de protection. On la porterait sur la bouche pour dire que l'objet étonne à un point tel qu'on ne saurait guère exprimer l'impression ressentie.

Les gestes de l'impuissance et de l'étonnement sont les seules expressions humaines que Darwin rattache nettement à la loi prétendue de l'antithèse. Comme nous l'avons vu dans la première partie, il rattache pourtant encore d'une manière timide à cette loi, la nature des sons saccadés émis dans le rire. Selon lui, les cris de la douleur étant caractérisés par des expirations continues et de courtes inspirations, il est naturel que dans la joie les sons soient saccadés avec des inspirations profondes.

Mais ce rapprochement, en tant qu'il a pour but de donner quelque appui au principe de l'antithèse, est purement illusoire. Sans doute, celui qui souffre n'est pas joyeux, mais cependant la douleur n'est pas précisément le senti-

(1) Voir L. Dumont, *Revue scientifique*, 2e année, 2e série, n° 44, p. 1038 Paris, 1873.

(2) Ch. Darwin, *The expression of the emotions*, p. 288.

ment opposé à la joie ; c'est la peine, le chagrin. Or, la personne qui est simplement dans la peine, ne pousse pas les cris de la douleur ; elle est ordinairement silencieuse.

De plus, ce qu'il y a d'opposé aux cris, ce n'est pas d'émettre des sons autrement modulés, c'est de rester muet.

Ici encore il n'y a donc rien d'admissible dans l'antithèse supposée. Darwin lui-même, du reste, ne paraît guère prendre au sérieux son idée à cet égard. Il nous dit, en effet, avant de l'exposer : « *nous ignorons* pourquoi les sons émis par l'homme pour manifester sa joie, ont précisément le caractère saccadé du rire (1). »

Pour conclure, nous dirons donc :

A quelque point de vue que nous nous placions, soit que nous envisagions la question d'une manière générale et dans ses bases physiologiques, soit que nous discutions en particulier les faits allégués, nulle part nous ne trouvons un motif suffisant pour admettre la loi de l'antithèse émotionnelle imaginée par Darwin.

Sans doute, et c'est là ce qui donne une apparence de vérité au principe posé par le théoricien anglais, il est incontestable que dans la plupart des cas, des émotions, des sentiments opposés se traduisent par des mouvements opposés. Mais la raison en est bien simple, c'est que, dans la plupart des cas, des sentiments opposés en rapport avec un but à atteindre, demandent pour atteindre ce but des mouvements d'une nature opposée. Ou bien, s'il n'y a pas de but à poursuivre, il est du moins naturel que l'opposition des émotions retentisse sur le système nerveux par des effets contrastants. Mais il n'y a là rien qui s'explique par une tendance innée à produire des mouvements qui n'auraient qu'une base négative ; tout mouvement de l'organisme a nécessairement une raison d'être positive.

L'abbé Lecomte.

(1) « Why the sounds which man utters when he is pleased have the peculiar reiterated character of laughter we do not know » Ouvrage cité, p. 207.

LE DALTONISME

Les couleurs jouent un si grand rôle dans la nature, elles nous paraissent si intimement liées aux objets qui nous entourent, qu'il nous est difficile de nous figurer que certaines personnes les perçoivent autrement que nous. Aussi, ceux qui rencontrent pour la première fois des cas de daltonisme sont-ils ordinairement frappés d'étonnement à la vue des confusions que font les daltoniens.

Quand, par exemple, nous soumettons une personne à l'examen du sens chromatique par la méthode de M. Holmgren, et que cette personne nous indique comme étant de même couleur deux écheveaux de laine, dont l'un est du plus beau vert, l'autre d'un rouge bien marqué, nous sommes tentés de croire à une inattention ou à un malentendu. Nous avons peine à admettre qu'elle ne voit réellement qu'une seule et même couleur là où nous trouvons des différences si tranchées. Pour nous convaincre nous demandons que l'expérience soit réitérée plusieurs fois, afin d'éviter toutes chances d'erreur.

Au fond cependant, cet étonnement n'est pas justifiable.

N'a-t-on pas dit depuis bien longtemps qu'il ne faut pas disputer des goûts, ni des couleurs? Nous constatons, d'ailleurs, les mêmes faits pour les autres sens. Que de diversités d'appréciation quand plusieurs personnes dégustent certaines substances sapides ! Que de divergences aussi quand on cherche à se rendre compte de certaines odeurs ! Nous ne nous étonnons nullement quand des personnes, que l'on dit n'avoir pas l'oreille musicale, confondent deux sons que nous trouvons très dissemblables. *A priori* donc, on doit s'attendre à ce que le sens de la vue nous offre les mêmes variétés que les autres sens.

Si quelque chose doit nous surprendre dans l'histoire de l'étude du sens chromatique, c'est qu'on ait tant tardé à découvrir le daltonisme. Il n'y a qu'un siècle, comme nous allons le voir, qu'on s'est aperçu de l'existence de ce vice de la vue, et il y a peu d'années seulement qu'on en a constaté la grande fréquence. Je ne vois que deux raisons plus ou moins plausibles pour expliquer cette constatation tardive : d'une part, l'absence d'une méthode scientifique et rationnelle pour l'examen de la faculté de distinguer les couleurs ; d'autre part, la minime importance qu'on devait attacher à cette infirmité, importance qui s'est singulièrement accrue depuis l'invention des chemins de fer et l'énorme extension qu'ont prise les voyages sur mer.

L'étude de cette question est très intéressante au point de vue scientifique ; elle a une importance pratique très considérable ; enfin elle est pleine d'actualité. Un grand nombre de physiologistes et d'ophtalmologues se livrent à des recherches pour élucider les divers points obscurs de cette question. C'est ce qui m'a décidé à lui consacrer ici quelques pages. J'ai surtout en vue d'exposer les principales théories qui ont été émises pour expliquer cette anomalie, de montrer les conséquences pratiques auxquelles le daltonisme peut conduire, enfin de rechercher les meilleurs moyens de prévenir ou d'atténuer les inconvénients et les dangers de ce vice de la vue.

J'ose réclamer l'indulgence du lecteur pour la partie théorique de mon travail; elle est assez ardue et il est pourtant nécessaire de s'en bien pénétrer pour comprendre les difficultés et le grand intérêt pratique de cette question.

I. Historique.

Le daltonisme n'est connu que depuis peu de temps. C'est en 1777 que furent signalés les premiers cas. Deux frères, les nommés Harris, de Mary-Port, en Cumberland, étaient atteints de cette infirmité. Il en est fait une mention incomplète et peu scientifique dans une lettre de Jos. Huddart à Priestley (1).

Le premier fait bien décrit est celui du célèbre physicien et chimiste anglais, John Dalton. Il s'aperçut lui-même de son infirmité dans le courant de l'année 1790. Il s'occupait à cette époque de botanique, et il remarqua qu'une fleur de *geranium zonale*, qui est de couleur violette, lui paraissait bleue au jour, et rouge quand il l'examinait à la lumière d'une bougie. Les autres personnes ne s'apercevaient pas de ce changement de coloration. Ainsi averti, Dalton se mit à étudier ses sensations visuelles, et il donna bientôt une description détaillée et exacte des particularités de son sens chromatique (2).

Telle est aussi l'origine du terme de daltonisme donné à ce vice de la vue. Le terme est impropre puisqu'il ne se rapporte qu'à une seule espèce de vice, alors qu'il en existe plusieurs. Les Anglais ont, du reste, protesté contre l'usage que l'on faisait du nom d'un de leurs plus grands savants, et ils proposèrent la dénomination de *Colourblindness* (Far-

(1) Jos. Huddart. An account of persons who could not distinguish colours, in a letter to the Rev. Jos. Priestley. *Philosophic. Transact.* vol. LXVII, part. I, pag. 260, XIV.

(2) John Dalton. Extraordinary facts relating to the vision of colours, with observations. *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*. V. Part. I (1798), p. 28.

benblindheit — cécité pour les couleurs). D'autres disent achromatopsie, dyschromatopsie, chromatopseudopsie, etc. J'emploierai toujours le mot de daltonisme qui, tout défectueux qu'il est, offre au moins l'avantage de ne pas préjuger la théorie de cette infirmité.

Depuis Dalton, le nombre de cas s'est considérablement multiplié. Seebeck (1) est le premier qui ait fait des recherches étendues sur la fréquence du daltonisme. Plus tard Wilson (2) s'occupa de la question au point de vue pratique, et spécialement dans ses rapports avec les chemins de fer et la marine. Enfin de nos jours, M. Favre, en France, M. Holmgren, en Suède, MM. Cohn, Magnus et Stilling, en Allemagne, le professeur Pflüger, en Suisse, le Dr Jos. Jeffries, en Amérique, le prof. Donders, en Hollande, M. Daae, en Norwège, ont poursuivi ces travaux et ces recherches.

Parmi ceux qui ont le plus contribué à l'étude théorique de la question, nous citerons principalement M. Helmholtz (3), M. Holmgren (4), M. Hering, de Prague (5) et M. Delbœuf, de Liège (6).

(1) A. Seebeck. Ueber den bei manchen Personen vorkommenden Mangel an Farbensinn. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie.* Bd. XLII (1837), n. 10, p. 177.

(2) G. Wilson. Researches on colour-blindness, with a supplement on the danger attending the present system of railway and marine coloured signals. Edinburgh, 1855.

(3) Helmholtz. Optique physiologique, trad. par E. Javal et N. Klein. Paris. 1867, p. 388 et suivantes.

(4) Holmgren. De la cécité des couleurs dans ses rapports avec les chemins de fer et la marine. Paris, Masson.

Du même. Om färgblindheten i sverige. Förutskickadt meddel. *Upsala Läkareförenings Förhandligar.* 1878.

Du même. Om några nyare praktiska metoden att upftaka färgblindhet. *Upsala Läkaref. Förhandl.* 1878.

Du même. Om de färgade skuggorna och färgblindheten. *Upsala Läk. Förh.* 1878.

(5) Hering. Zur Lehre vom Lichtsinne. *Sechs Mittheilungen an die Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.* Carl Gerold's Sohn. Wien, 1878.

(6) Delbœuf et Spring. Le daltonisme — Recherches expérimentales et théoriques. *Revue scientifique de la France et de l'étranger.* 23 mars 1878.

Delbœuf. Rapport sur les questions relatives au daltonisme intéressant les

Dans le grand nombre de cas qui ont été décrits, il en est quelques-uns assez caractéristiques par les confusions singulières auxquelles ils donnèrent lieu. C'est ainsi qu'on cite un M. Collardeau, passionné pour le dessin, où il réussissait très bien. Lorsqu'il lui prenait fantaisie de vouloir enluminer ses paysages, il ne produisait qu'un barbouillage sans nom de couleurs mal assorties. Pour lui, il n'y voyait qu'un mélange de clair et d'obscur et des gradations d'une même nuance (1). Un officier, nommé Zimmermann, de Riga, n'avait également aucune notion des couleurs ; au billard il ne distinguait les billes rouges des jaunes que parce que celles-là lui paraissaient plus sombres que celles-ci. Il portait ordinairement un uniforme rouge ; un jour de revue, on lui prépara un habillement vert ; il ne s'aperçut pas de ce changement ; et il allait se rendre à la revue, tout de vert habillé, quand on l'avertit du tour qui lui avait été joué.

Un daltonien bien connu, qui a mis son infirmité à profit pour la science, M. Delbœuf de Liège, raconte lui-même qu'il s'aperçut pour la première fois de son infirmité vers l'âge de 8 ou 9 ans. Dans un moment de récréation, à l'école primaire, il s'avisa de dire à ses camarades que la langue est bleue. Cette assertion provoqua une explosion de rire et donna lieu à une discussion, au bout de laquelle le jeune daltonien crut avoir été la victime d'un complot formé contre lui. Il ne fut convaincu de son erreur que lorsqu'elle lui fut confirmée par sa mère.

M. Delbœuf rapporte aussi qu'un de nos meilleurs dessinateurs, M. Florimond Van Loo, de Gand, est atteint du même vice. Quand il s'adonnait à la peinture, il lui

administrations de chemins de fer. *Bulletin de l'Académie royale de Belgique.* Série 2, t. XLV, n. 4-1878.

(1) Rosier. Observations sur la physiologie et l'histoire naturelle. XII, p. 87, 1779. Cité par M. Warlomont, dans son savant article sur la Chromatopseudopsie, du *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, publié sous la direction du Dr Dechambre.

arriva plusieurs fois de donner aux arbres un feuillage d'un beau rouge. Malgré tous ses efforts, il ne put se corriger et dut renoncer à la peinture. Son infirmité ne l'empêche pas d'être un connaisseur délicat en fait de tableaux.

Un fait de confusion assez étrange me fut raconté par un Anglais, avec lequel je faisais la traversée de Copenhague à Christiania. Un de ses amis est membre, comme lui-même, de la secte des Quakers. On sait qu'une des règles de cette secte est de ne jamais porter que des vêtements de couleur sombre. Or cet ami, devant se faire confectionner un nouveau costume, choisit chez le tailleur une étoffe de nuance claire et voyante. C'est dans cet accoutrement qu'il se rendit au prêche, où il fut accueilli, à sa profonde stupéfaction, par des signes hautement manifestés de réprobation et d'indignation. Les explications qu'on lui donna de cette réception le mirent sur la trace de son infirmité, dont il eut ensuite d'autres preuves très évidentes.

Je pourrais multiplier l'énumération de ces faits qui deviennent de plus en plus nombreux.

II. Théories.

On peut définir le daltonisme : l'absence, complète ou incomplète, de la faculté de distinguer les couleurs ou certaines d'entre elles.

Trois théories ont été émises pour expliquer cette singulière anomalie de la vue. Ce sont celles de Young-Helmholtz, de Hering, et de Delbœuf. Je vais les exposer aussi succinctement et aussi clairement que possible.

Théorie Young-Helmholtz.

Les corps lumineux sont, comme on le sait, le siège de mouvements vibratoires qui se propagent dans toutes les directions par l'intermédiaire des molécules d'éther. Ces oscillations de l'objet lumineux et de l'éther peuvent diffé-

rer, soit par leur étendue, soit par leur durée. Les variations de l'étendue de chaque oscillation produisent les différences d'intensité de lumière; d'après la durée de l'oscillation, le corps lumineux se présente avec le caractère d'une couleur spéciale.

La lumière que projette un objet est perçue par nous parce qu'elle impressionne notre rétine, cette membrane nerveuse qui se trouve à la partie postérieure du globe de l'œil, et parce que cette impression est transmise à notre cerveau par l'intermédiaire du nerf optique.

Je viens de dire que la lumière peut varier de qualité suivant la durée d'oscillation des molécules éthérées qui constituent ce qu'on appelle improprement un rayon lumineux; ce rayon peut donc être diversement coloré, et cependant nous n'avons qu'une seule et unique membrane sensible, chargée de percevoir les diverses couleurs. Pour que les couleurs soient perçues par nous, il n'y a que deux hypothèses possibles : ou bien la rétine est formée d'une seule espèce d'éléments sensibles, qui réagissent différemment sous l'action des diverses espèces d'oscillations de l'éther ; ou bien la rétine renferme plusieurs sortes d'éléments, qui réagissent toujours de la même façon, tout en différant entre eux.

Cette dernière hypothèse forme le principe fondamental de la théorie Young-Helmholtz.

Tout le monde connaît le spectre solaire, ce rectangle coloré formé par les divers rayons provenant de la décomposition de la lumière solaire à l'aide d'un prisme. On sait que ce spectre se compose principalement de six couleurs assez distinctes : le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu et le violet. Ces couleurs sont nommées primitives ou homogènes; elles ne sont plus susceptibles d'être décomposées.

On sait aussi qu'il est possible de reconstituer la lumière blanche en réunissant de nouveau, à l'aide de différents artifices, les rayons colorés qui sortent du prisme.

Pour recomposer la lumière blanche, il n'est même pas nécessaire d'employer les six couleurs du spectre. On peut obtenir le même résultat en n'utilisant que quelques-unes des couleurs spectrales. D'après Young et M. Helmholtz, cette propriété appartient spécialement à trois couleurs, qu'on a nommées fondamentales ; ce sont le rouge, le vert et le violet. Elles en ont encore une autre, c'est qu'associées convenablement, elles sont susceptibles de reproduire toutes les autres couleurs. Brewster avait attribué ces propriétés au rouge, au jaune et au bleu. Des recherches récentes de M. Chevreul semblent confirmer cette manière de voir (1).

Enfin on a reconnu qu'en associant deux à deux certaines couleurs primitives autres que les fondamentales, on parvient également à reproduire la lumière blanche. C'est ce qu'on a appelé couleurs complémentaires. Tels sont le vert-bleu et le rouge, le bleu verdâtre et l'orangé, le bleu d'outre-mer et le jaune, le jaune-vert et le violet.

La théorie Young-Helmholtz admet que la rétine renferme trois espèces d'éléments nerveux, correspondant aux trois couleurs fondamentales : les uns perçoivent le rouge, d'autres le vert, les autres le violet. Si les éléments pour le rouge sont seuls excités ou à un degré supérieur aux autres, nous éprouvons la sensation du rouge ; ainsi des deux autres espèces. Si deux espèces d'éléments sont excitées seules ou plus que la troisième, nous voyons une couleur qui forme la combinaison des couleurs répondant aux éléments mis en activité. Si les trois espèces d'éléments sont excités simultanément avec la même intensité nous ne percevrons plus la qualité de la lumière, nous verrons alors de la lumière blanche.

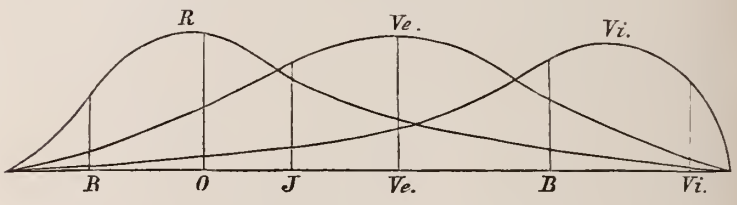
L'anatomie n'a pas encore démontré l'existence de ces trois espèces de fibres ou d'éléments, chargés de percevoir les trois couleurs fondamentales. Mais la plupart des faits concordent et s'expliquent assez bien avec cette hypothèse.

(1) Communication à l'Académie des sciences de Paris, 22 octobre 1878.

On peut donc l'admettre comme vraisemblable ; sa simplicité est séduisante, et nous verrons qu'elle rend assez bien compte du vice de la vue que nous étudions.

Pour se faire une idée de la théorie, on peut construire une figure, qui donne une représentation assez exacte de la manière dont les différentes couleurs agissent sur les trois éléments sensibles de la rétine.

Figure 1.



La fig. 1 nous représente le sens normal des couleurs. On y distingue trois courbes d'excitabilité, l'une (R) des éléments percevant le rouge, la seconde (Ve) des élements percevant le vert, la dernière (Vi) des éléments percepteurs du violet. Nous pouvons, à l'aide de ce diagramme, nous représenter le mode d'action des différentes couleurs spectrales sur chacun des éléments rétiniens.

En effet, on voit que le rouge spectral excite vivement les éléments du rouge, beaucoup moins ceux du vert, et encore moins ceux du violet ; d'où la sensation de rouge. Le rouge devient orangé par l'augmentation de l'excitation des éléments du vert. Le jaune spectral excite au même degré ou à peu près les éléments du rouge et du vert, tandis qu'il n'affecte que faiblement les éléments du violet ; d'où la sensation du jaune qui est une combinaison du rouge et du vert (1). Le vert du spectre excite fortement les

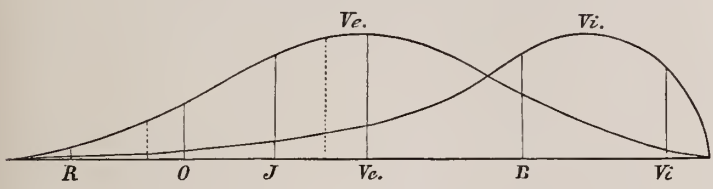
(1) Cette notion paraît en contradiction avec ce que nous observons ordinairement du mélange des couleurs. Le jaune semble être une couleur simple, tandis que le vert peut se produire par le mélange du bleu et du jaune.

éléments du vert, bien plus faiblement les deux autres espèces ; donc sensation du vert. Le bleu affecte assez vivement et à peu près également les éléments du vert et du violet, mais faiblement ceux du rouge ; de là sensation du bleu qui est une combinaison du violet et du vert. Enfin le violet excite fortement les éléments du violet, et faiblement les deux autres ; il en résulte la sensation du violet.

Si nous cherchons à expliquer le daltonisme à l'aide de ces données, nous pouvons admettre que cette infirmité consiste tout simplement dans l'atrophie ou la paralysie de l'une de ces trois espèces d'éléments nerveux ; le daltonien serait, par conséquent, aveugle pour la couleur correspondant à l'élément nerveux qui lui manque ; de là les noms de cécité pour les couleurs, *colourblindness*, *Farbenblindheit*. *A priori*, on peut donc distinguer trois espèces de cécité : la cécité pour le rouge, la cécité pour le vert et la cécité pour le violet.

Pour avoir une idée des sensations qu'éprouve le daltonien sous l'influence des différentes couleurs, il suffit de reconstruire le diagramme en supprimant une des courbes d'excitabilité.

Figure 2.



La fig. 2 nous représente les sensations d'un aveugle

Mais il s'agit alors d'un mélange matériel, tandis que la combinaison dont nous parlons ici (rouge et vert) est une combinaison de vibrations éthérées, laquelle produit une sensation. On peut s'assurer facilement, par le disque rotatif de Newton, qu'en produisant en même temps sur l'œil une impression de rouge et de vert, la sensation qui en résulte est celle du jaune.

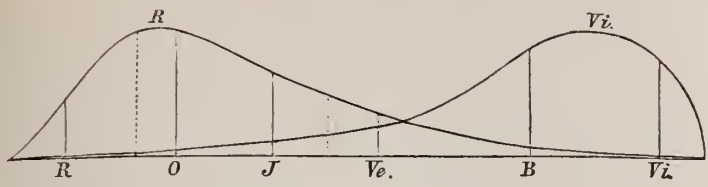
pour le rouge. Il n'a que deux espèces d'éléments rétiniens, et par conséquent deux couleurs fondamentales : le vert et le violet. D'après ce diagramme, le rouge excite faiblement les organes du vert et presque pas ceux du violet, d'où sensation d'un vert très faiblement lumineux. Aussi un rouge peu lumineux n'excitera-t-il pas suffisamment les organes percepteurs du vert pour produire une sensation, et souvent il paraîtra noir. Le jaune excite vivement les éléments du vert, modérément ceux du violet, il produit donc une sensation de vert plus intense que celle produite par un rayon rouge. Le vert excite très fortement les éléments du vert, et assez bien ceux du violet ; d'où sensation de vert intense, mais d'une nuance plus blanchâtre que par le rouge ou le jaune ; car le mélange des deux couleurs fondamentales produit ici le même effet que la combinaison des trois couleurs fondamentales chez un voyant normal. Le bleu donne lieu à une sensation de blanc gris, puisqu'il correspond à l'excitation simultanée et assez égale des deux éléments fondamentaux.

D'après la fig. 2, on constate aussi que chez l'aveugle pour le rouge, la lumière rouge et la verte, n'agissant que sur une seule espèce d'éléments rétiniens, doivent produire la même impression de couleur : elles doivent paraître vertes. Mais quand un rayon rouge frappe la rétine, il rencontre moins d'éléments nerveux qu'un rayon vert. Le rouge paraît donc moins lumineux que le vert. Si le daltonien parvient à distinguer ces couleurs, c'est en se guidant sur cette intensité lumineuse. Pour qu'une nuance rouge soit jugée par un daltonien identique à une nuance verte, il faut que la première soit pour un voyant normal beaucoup plus lumineuse que la seconde. Et effectivement l'expérience démontre la réalité de ce fait.

La fig. 3, nous représente les sensations d'un aveugle pour le vert. Il n'y a que deux espèces d'éléments rétiniens, et par conséquent deux couleurs fondamentales, qui sont le rouge et le violet. Si on compare ce diagramme avec

celui du sens normal des couleurs, voici ce qu'on trouve :

Figure 3.



le rouge spectral produira encore une sensation de rouge, puisqu'il excite vivement les éléments du rouge ; mais il paraîtra moins jaunâtre que le rouge normal, puisqu'on en a supprimé une certaine quantité de vert. L'orangé et le jaune sembleront rouges, mais la dernière couleur sera plus blanchâtre, puisqu'il y entre une certaine quantité de l'autre couleur fondamentale. Le vert se compose de deux parties sensiblement égales des deux couleurs primitives, il produira donc une impression de blanc ou de gris. Le bleu est un violet intense en lumière.

Ici encore on remarque que, chez l'aveugle pour le vert, les lumières rouge, jaune et verte, excitant les mêmes éléments, produiront une seule et unique sensation, celle du rouge. Le daltonien ne saurait donc les distinguer, ou tout au moins s'il fait une différence entre elles, cette différence porte sur l'intensité lumineuse et non sur la coloration. Le rouge paraît à un aveugle pour le vert plus lumineux que le vert. Pour qu'une nuance verte paraisse exactement semblable à une rouge, il faut que la première soit pour un voyant normal beaucoup plus lumineuse que la seconde. L'expérience prouve l'exactitude de cette conclusion.

Je pourrais construire le même diagramme et reproduire les mêmes explications pour la cécité du violet. Mais, d'une part, nous ne ferions que nous répéter ; d'autre part, cette espèce de cécité est assez rare, d'après les recherches statistiques faites jusqu'ici.

D'après ce que nous venons de voir et d'après l'examen des diagrammes ci-dessus, on constate que les daltoniens ne confondent pas indistinctement toute espèce de couleurs. En effet, ils peuvent souvent se baser, pour corriger leur infirmité, sur l'intensité de la sensation lumineuse que l'objet coloré produit sur eux. Mais, même à intensité lumineuse égale, les confusions ne se font pas indifféremment. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, chez l'aveugle pour le rouge, le vert pur et surtout le vert bleuâtre ne produiront pas une sensation colorée exactement semblable à celle déterminée par le rouge spectral ; car dans ce dernier cas les éléments verts sont seuls excités, tandis que les deux verts (pur ou bleuâtre) affectent également un certain nombre d'éléments violets.

C'est une des raisons pour lesquelles les daltoniens ne confondent pas tous les verts avec tous les rouges, mais seulement certaines espèces de ces couleurs. Telle personne vous dira confondre tel tapis vert avec la fleur du coquelicot, alors qu'elle fait une différence entre cette dernière et le feuillage des arbres.

Il est aussi très important de remarquer qu'il peut exister d'autres formes de cécité pour les couleurs que les formes-types que nous avons décrites. C'est ainsi que *deux* espèces d'éléments rétiniens peuvent faire défaut ; alors il n'y a plus possibilité de distinguer aucune couleur, puisqu'elles agissent toutes sur les mêmes éléments. C'est ce qu'on nomme la cécité totale pour les couleurs. Dans d'autres cas, le vice de la vue peut tenir, non à une atrophie absolue ni à une paralysie complète d'une espèce d'éléments, mais à une diminution plus ou moins grande de l'excitabilité de ces éléments. C'est ce que M. Holmgren appelle la cécité incomplète pour les couleurs. Enfin il peut arriver que les trois espèces d'éléments nerveux sont uniformément affaiblies. C'est ce que le même physiologiste désigne du nom de sens chromatique faible.

D'après cette théorie, il existe donc différentes gradations

dans le sens chromatique, lesquelles s'étendent depuis le sens normal jusqu'à la cécité totale pour les couleurs. D'où la classification suivante :

1° sens chromatique normal ;
2° sens chromatique faible ;
3° cécité incomplète pour les couleurs ;
4° cécité complète, { a) pour le rouge, b) pour le vert, c) pour le violet ;
5° cécité totale pour les couleurs.

Théorie de Hering.

Le professeur Hering, de Prague, a, pour édifier sa théorie, quitté les voies battues. Au lieu de prendre pour point de départ de ses études les phénomènes physiques des couleurs, il se place au point de vue purement physiologique. Il recherche directement ce que peuvent être les phénomènes physiologiques déterminés par les impressions lumineuses.

Le cadre restreint d'un article de revue ne me permettra pas d'exposer cette théorie avec tous ses développements. Je devrai passer sous silence les expériences que l'auteur a instituées afin d'établir ses idées ingénieuses, et je me bornerai aux lignes fondamentales, laissant de côté une foule de données physiologiques, très intéressantes peut-être, mais non indispensables pour la question qui nous occupe.

M. Hering croit qu'il existe dans l'appareil optique une substance organique spéciale, qu'il nomme substance visuelle (Sehsubstanz). Il ne recherche pas son siège ; elle pourrait exister soit dans le cerveau, soit dans le nerf optique, soit dans la rétine. Toutes les sensations lumineuses sont dues à une modification des molécules organiques de cette substance.

D'autre part, l'ingénieux physiologiste établit par l'expé-

rience et le raisonnement que, contrairement à l'opinion qui avait cours, il existe deux sensations lumineuses (ou plutôt visuelles) non colorées ; en d'autres termes, que la perception de l'obscurité ou du noir est une sensation tout aussi réelle que celle de la clarté ou du blanc. On peut imaginer toute une série de sensations intermédiaires qui conduisent graduellement et insensiblement du blanc pur au noir absolu ; au milieu de cette série, à égale distance des deux termes extrêmes, se trouve la sensation du gris. Les deux sensations du blanc et du noir peuvent coexister ; se produisent-elles en même temps et avec une égale intensité, il en résulte la sensation de gris. L'intensité proportionnelle des deux sensations mélangées rapprochera plus ou moins la résultante du blanc pur ou du noir absolu.

Or, dit M. Hering, à toute sensation doit correspondre un processus physiologique spécial dans l'appareil mis en activité. C'est ainsi qu'aux deux espèces de sensations (blanc ou clair, et noir ou obscur), doivent correspondre deux espèces de modifications de la substance visuelle. Ces modifications sont, sans aucun doute, de même nature que celles qui se passent dans toute matière organisée vivante, savoir l'assimilation et la désassimilation. La désassimilation de la substance visuelle produirait, d'après l'auteur, la sensation du blanc ou de la clarté, l'assimilation donnerait lieu à la sensation du noir ou de l'obscurité ; la première ne peut se faire que par l'excitation directe des éléments organiques ; la seconde peut se manifester sans excitation de la substance sensible, d'où sensation du noir en l'absence de rayons lumineux.

Il est connu que, dans tous les tissus organiques, l'assimilation et la désassimilation coexistent, se font en même temps ; mais l'une peut devenir prépondérante aux dépens de l'autre, et *vice versa*. L'appareil visuel ne doit pas faire exception à cette loi générale. Les processus d'assimilation et de désassimilation peuvent et doivent s'y produire en même temps, d'où il résulte que les sensations du blanc et

du noir peuvent coexister. La qualité (claire ou sombre, blanche ou noire) d'une sensation lumineuse, non colorée, dépendra du rapport qu'il y aura entre l'assimilation et la désassimilation dont la substance visuelle est le siège. C'est ainsi que le gris correspondrait à cet état dans lequel les deux processus auraient la même intensité, de telle sorte que la substance visuelle demeurerait inaltérée. Dans une sensation claire ou blanche, la désassimilation serait plus grande que l'assimilation ; plus la différence serait grande, plus la sensation se rapprocherait du blanc pur. Au contraire, dans une sensation noire ou obscure, l'assimilation l'emporterait sur la désassimilation ; plus la différence serait grande, plus la sensation se rapprocherait du noir absolu.

Toutes ces données, qui reposent sur des expériences très ingénieusement conduites, permettent à M. Hering d'expliquer quelques phénomènes visuels assez connus, tels que le contraste simultané, les sensations lumineuses par induction simultanée ou successive, le contraste successif. Ces phénomènes étaient considérés par beaucoup d'auteurs, et c'est encore l'opinion de M. Helmholtz, comme résultant d'un travail de l'esprit plutôt que comme des faits physiologiques.

Essayons maintenant d'exposer comment M. Hering applique ces données à l'étude de la perception des couleurs.

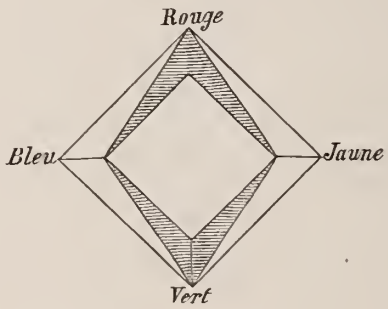
Si on se place au point de vue purement subjectif, c'est-à-dire physiologique, on doit admettre quatre sensations colorées simples. Le violet est évidemment une couleur composée ; nous y reconnaissons du bleu et du rouge. Le rouge peut donc être perçu en même temps que le bleu ; mais il peut aussi être perçu avec le jaune ; nous voyons, en effet, souvent du rouge tirant plus ou moins sur le jaune. Voilà donc, en partant du rouge, deux séries de sensations colorées ; l'une de rouge-bleu, l'autre de rouge-jaune ; au milieu de cette série se trouve le rouge pur, qui se perd

insensiblement de chaque côté, pour aboutir soit au bleu pur, soit au jaune pur.

D'autre part, le vert peut être perçu en même temps que le bleu, et on le voit souvent aussi coexister avec le jaune; d'où une nouvelle série de sensations colorées ; au milieu se trouve le vert pur, qui se perd insensiblement de chaque côté pour aboutir soit au bleu pur, soit au jaune pur.

Le Dr Happe a cherché à rendre ces idées plus compréhensibles par la figure que nous reproduisons ici (1).

Figure 4.



Le rouge, le vert, le jaune et le bleu sont donc, au point de vue subjectif, les quatre couleurs simples.

On se demandera si le rouge ne peut coexister qu'avec le bleu ou le jaune, et pas avec le vert. La réponse doit être négative. Nous ne connaissons, en fait, aucune sensation colorée où nous puissions retrouver en même temps du rouge et du vert. Chaque fois que ces deux sensations se rencontrent, il en résulte une sensation de blanc. La même observation peut s'appliquer au bleu et au jaune. Ces couleurs, qui avaient été nommées complémentaires, ont donc plutôt quelque chose de contradictoire. C'est pourquoi

(1) Dr Happe. Ueber den physiologischen Entwicklungsgang der Lehre von den Farben. Leipzig, Veit. 1877.

M. Hering rejette la dénomination usuelle de couleurs complémentaires ; il les appelle couleurs antagonistes (Gegenfarben).

Nous avons donc deux groupes de sensations colorées simples : celui du vert-rouge et celui du bleu-jaune. A ces deux groupes correspondent également, d'après M. Hering, les processus d'assimilation et de désassimilation de la substance visuelle. Il laisse provisoirement de côté la question de savoir quelle sensation colorée est due à l'assimilation et laquelle doit être attribuée à la désassimilation (1). Si l'assimilation et la désassimilation existent en même temps et ont la même intensité, elles s'annihilent et la sensation qui en résulte est dépourvue de couleur ; elle est blanche.

D'après M. Hering, il existe donc trois paires de sensations lumineuses :

1° Celle du blanc-noir ;
2° Celle du vert-rouge ;
3° Celle du bleu-jaune.

Les sensations de la première paire peuvent s'allier entre elles et produire une série de sensations allant du blanc au noir ; celles des deux autres paires ne peuvent s'allier. Les sensations du blanc-noir peuvent également être perçues en même temps que toutes les autres couleurs, c'est-à-dire qu'elles peuvent nuancer plus ou moins toutes les couleurs de noir ou de blanc, d'où la qualité plus ou moins claire de chaque couleur.

A ces trois groupes de sensations visuelles correspondent trois espèces de substances visuelles : la première est chargée de percevoir la série du blanc-noir ; la seconde perçoit la paire du bleu-jaune, la troisième la paire du rouge-vert. Ces trois espèces de substances ne sont pas réparties en égales

(1) D'après le docteur Happe, à la désassimilation correspondraient le rouge et le jaune, à l'assimilation le vert et le bleu. C'est ainsi que cet auteur explique l'action bienfaisante des verres bleus et verts contre l'impression trop forte des rayons rouges et jaunes, et l'emploi de ces verres dans les lunettes-conserves (Ouvr. cité, p. 39 et 41).

proportions dans l'appareil optique ; la substance du blanc-noir est de beaucoup la plus abondante, les deux autres sont aussi inégalement distribuées.

Appliquons ces données au spectre solaire. Tous les rayons lumineux du spectre solaire visible agissent en produisant la désassimilation de la substance du blanc-noir ; mais les différents rayons agissent avec une intensité différente. Au contraire, sur la substance visuelle du bleu-jaune et sur celle du rouge-vert, certains rayons n'exercent aucune action, d'autres produisent la désassimilation, d'autres l'assimilation.

Chacune de ces substances visuelles a, si on peut s'exprimer ainsi, son propre spectre ; mais dans le spectre solaire tel que nous le voyons, ces trois spectres sont plus ou moins confondus. Ainsi le spectre de la substance du blanc-noir présente son maximum de clarté ou de blancheur dans le jaune et va en s'affaiblissant de clarté et se rapprochant du noir de chaque côté de cette couleur. Le spectre de la substance du bleu-jaune se divise en deux parties : une jaune et une bleue ; ces deux parties sont séparées par un point dépourvu de couleur pour la substance du bleu-jaune, puisqu'à ce point l'assimilation et la désassimilation se font avec une égale intensité, c'est la place du vert pur. Le spectre de la substance du vert-rouge se divise en trois parties : une moyenne, le vert, et deux extrémités rouges. Ces parties sont séparées par deux points dépourvus de couleur pour la substance du rouge-vert ; ce sont les points occupés par le jaune pur et le bleu pur. Le spectre solaire a donc trois points physiologiquement dominants, ce sont ceux où, abstraction faite du blanc, on ne voit qu'une seule couleur fondamentale : le jaune, le vert ou le bleu. Le rouge occupe une place très restreinte ; car le rouge spectral contient déjà beaucoup de jaune.

La première partie du spectre (depuis le rouge jusqu'au jaune) est donc un mélange de blanc, de rouge et de jaune ; la deuxième partie (du jaune au vert) est une combinaison

de blanc, de jaune et de vert ; la troisième (du vert au bleu) renferme du blanc, du vert et du bleu ; la quatrième contient du blanc, du bleu et du rouge. Le jaune pur, le vert pur et le bleu pur sont des couleurs simples, auxquelles ne se mêle que du blanc.

Une combinaison de lumière paraîtra blanche ou incolore chaque fois qu'elle produit en même temps l'assimilation et la désassimilation de la substance du bleu-jaune ou du rouge-vert et que ces deux processus ont la même intensité ; car, nous l'avons dit, alors ces processus s'annihilent l'un l'autre et l'action désassimilante exercée sur la substance du blanc noir se manifeste seule. Nous avons donc là une nouvelle preuve de la propriété antagoniste du bleu et du jaune, ou du rouge et du vert.

Je ne m'étendrai pas davantage sur d'autres points de cette théorie. Je me suis déjà peut-être laissé entraîner un peu loin ; mais j'ai cru devoir exposer en détail ces idées tout à fait neuves et encore peu connues.

Appliquant ces données au daltonisme, M. Hering rejette la classification adoptée par M. Holmgren et découlant de la théorie Young-Helmholtz. Au lieu d'admettre trois espèces de cécité pour les couleurs, il n'en adopte que deux : l'une est la cécité pour le rouge-vert, due à l'absence, l'atrophie ou la paralysie de la substance du rouge-vert ; l'autre est la cécité pour le jaune-bleu, produite par l'absence, l'atrophie ou la paralysie de la substance du jaune-bleu.

L'aveugle pour le rouge-vert considère comme dépourvues de couleurs les couleurs fondamentales du rouge pur et du vert pur. Toutes les couleurs composées, contenant du rouge ou du vert, doivent lui paraître jaunes ou bleues. Son spectre solaire ne se compose donc que de deux spectres partiels : celui du blanc-noir et celui du jaune-bleu. La place du vert lui paraît incolore, et son spectre solaire se divise en deux moitiés : une jaune et une bleue. Le jaune pur et le bleu pur, combinés avec le noir et le blanc, suffisent pour

déterminer toutes les sensations colorées qu'il est susceptible de percevoir.

Voilà un cas-type ; c'est la cécité absolue pour le rouge-vert. En fait, ce cas n'existe peut-être pas. Mais en se bornant à admettre que la quantité de substance du rouge-vert est beaucoup moins grande qu'à l'état normal, on peut déjà s'expliquer tous les phénomènes caractéristiques de cette espèce de cécité, que l'on appelait jusqu'ici la cécité pour le rouge.

On pourrait, *mutatis mutandis*, décrire de même les caractères de la cécité pour le bleu-jaune.

M. Hering croit que sa théorie explique mieux que celle de Young-Helmholtz un certain nombre de faits se rattachant au daltonisme. C'est ce qu'il se propose de démontrer ultérieurement.

Disons aussi que plusieurs auteurs, entre autres, le Dr Stilling, de Cassel, ont adopté la nouvelle classification de M. Hering et admettent, comme lui, deux espèces de cécité pour les couleurs :

1° La cécité pour le rouge-vert ;

2° La cécité pour le jaune-bleu.

Théorie de M. Delbœuf.

M. Delbœuf, je l'ai dit, a mis à profit le daltonisme dont il est atteint pour étudier ce vice de la vue. Et il est arrivé, à la suite d'expériences très ingénieusement conduites, à édifier une théorie qu'il ne présente, d'ailleurs, qu'à l'état d'ébauche. Je commencerai par exposer les principaux traits de cette théorie, pour faire connaître ensuite les expériences qui l'ont guidé dans ses recherches.

On sait que les différentes couleurs spectrales sont caractérisées par leurs longueurs d'onde, ou, ce qui revient au même, par la durée des vibrations dont les molécules d'éther sont animées. Si on représente par 9 le nombre de vibrations qui s'exécutent dans le rayon vert pendant l'unité de temps, les nombres du violet, de l'indigo, du bleu seront 12, 11,

10 ; ceux du jaune, de l'orangé, du rouge seront 8, 7 et 6. On peut donc représenter le spectre à sept couleurs par la série 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6.

M. Delbœuf compare la rétine à une membrane montée naturellement à un certain ton, mais susceptible cependant de se tendre ou de se détendre sous l'action de forces extérieures. Supposons que la tension naturelle de la rétine soit adaptée à la qualité spéciale de la lumière verte. La sensation du vert consistera, par conséquent, dans la vibration de la rétine montée à son ton normal. Les rayons bleus et violets tendront à lui imprimer un mouvement plus rapide, les rayons jaunes et rouges un mouvement plus lent. La rétine est susceptible de s'accommoder dans une certaine mesure, à ces mouvements étrangers à sa manière d'être habituelle. Mais cette adaptation de la rétine ne se fait pas sans une certaine résistance. Comme toute membrane élastique, la rétine tend à se maintenir à l'état habituel du vert ; ce n'est pas sans difficulté qu'elle prend les mouvements 10 et 8, c'est-à-dire du bleu et du jaune ; sa répulsion est plus marquée pour les mouvements 11 et 7 (indigo et orangé), et beaucoup plus vive encore pour les mouvements 12 et 6 (violet et rouge). Son inertie sera, en outre, renforcée par la présence des rayons verts qui existent en plus ou moins grande quantité dans toutes les couleurs complexes. Car du moment que la rétine sent leur présence, elle leur obéit, et sa capacité à obéir à une énergie différente en sera diminuée d'autant, ou tout au moins les effets de cette dernière énergie seront en partie masqués par des effets prépondérants. Cependant, dans les vues normales, cette diminution ne va jamais jusqu'à empêcher la rétine de prendre les mouvements extrêmes. Mais chez les daltoniens, il n'en est pas ainsi; chez quelques-uns, elle refuse de s'abandonner suffisamment aux mouvements 12 et 6 ; chez d'autres aux mouvements 11 et 7 ; enfin, il y en a peut-être où elle ne prend pas même les mouvements 10 et 8.

Telle est la théorie ! En la considérant de près, nous y reconnaîtrons deux parties. Une, purement hypothétique, est celle où M. Delbœuf compare la rétine à une membrane élastique, plus ou moins susceptible de suivre l'impulsion des différentes vibrations constituant les couleurs spectrales. La seconde partie est le résultat des expériences, par lesquelles le savant professeur de Liège a découvert l'influence des rayons verts sur la perception rétinienne des autres couleurs spectrales. Je vais donc exposer brièvement les principales expériences qui ont mis l'auteur sur la voie de cette découverte.

Commençons par donner la description du spectre, tel que le voit M. Delbœuf. Son spectre présente les particularités suivantes : il est plus étroit, étant rogné à ses deux extrémités rouge et violette ; il ne se compose que de deux couleurs, qu'il appelle bleu et jaune, qui ont une étendue à peu près égale et vont se perdre insensiblement dans l'obscurité. La région située entre les deux couleurs est très variable ; elle passe continuellement du bleu au jaune et du jaune au bleu.

Ayant pris connaissance de la théorie Young-Helmholtz, M. Delbœuf voulut la vérifier ; il se demanda si son daltonisme ne tenait pas à une action prépondérante des éléments du vert et du violet plutôt qu'à une atrophie des éléments du rouge. Pour élucider ce point, il interposa entre son œil et les objets colorés une solution de fuchsine (pourpre). Cette solution arrête en partie les rayons verts. Or, sous cette influence, les couleurs qu'il confond habituellement lui apparurent comme notablement différentes ; tels sont le bleu, le carmin et le violet d'une part, le rouge écarlate et le brun de l'autre. Certaines couleurs, telles que la raie rouge du potassium (1), celle du lithium,

(1) Quand dans une flamme non lumineuse on brûle un sel de potassium, il apparaît dans le spectre, entre autres, une raie rouge isolée au milieu d'une faible lueur.

qu'il ne voit ordinairement pas ou guère, il les aperçut très distinctement ; en outre, toute la nature revêtit subitement à ses regards une variété qu'il ne connaissait pas et qui le surprit agréablement. Enfin le spectre gagne, dans la région du vert, une bande colorée d'une teinte spéciale, intermédiaire entre le bleu et le jaune.

Une expérience le frappa surtout. Il confondait deux carreaux de porcelaine dont l'un était bleu, l'autre violet. Or, à travers la fuchsine, ils lui apparaissaient comme notablement dissemblables. Mais, chose remarquable, le bleu ne changeait guère, c'était le violet qui changeait surtout. Et cependant le bleu, contenant, physiquement parlant, moins de rouge que le violet, aurait dû être plus altéré que celui-ci. En outre, le violet ne changeait pas seulement de ton, il devenait plus éclatant. On n'a cependant pas augmenté l'action de la couleur sur la rétine, on l'a plutôt diminuée, car la fuchsine arrête toujours un peu de lumière. Il semble donc que la fuchsine agit en levant comme un obstacle qui aurait son point d'appui dans sa couleur complémentaire.

D'autre part, M. Delbœuf observa que cette propriété de la fuchsine ne tient pas à sa couleur; car d'autres substances rouges n'en jouissent pas. Ce résultat ne peut être obtenu que par les couleurs qui, analysées au spectroscope, éteignent la région verte du spectre et rien qu'elle (1). En effet, la fuchsine, l'aniline, l'éosine qui ont toutes une action à peu près analogue, examinées au spectroscope, projettent sur la région du vert une ombre qui s'assombrit et s'élargit de plus en plus à mesure que l'on augmente l'épaisseur ou la concentration du liquide. On peut donc admettre que c'est la présence de la totalité ou d'une partie

(1) Quand on examine un spectre solaire à travers un milieu transparent coloré, on voit s'y dessiner des bandes obscures qui l'éteignent en une ou plusieurs places. Ces bandes obscures proviennent de ce qu'une partie des rayons spectraux sont arrêtés, absorbés par la substance qui ne laisse passer que les autres.

de ce vert, éteint par la fuchsine, qui rend les yeux de M. Delbœuf peu sensibles à l'opposition des teintes colorées. D'autres daltoniens furent soumis à la même épreuve; les résultats furent identiques. Enfin, on obtient encore le même effet, ou à peu près, de corriger le daltonisme, en éclairant les objets avec des flammes colorées.

Ces faits établis, M. Delbœuf fut amené à se demander et à rechercher si on ne pourrait pas produire un daltonisme artificiel en affaiblissant toute lumière autre que la verte. Il y réussit à l'aide d'une solution de chlorure de nickel. Sous l'influence d'une certaine épaisseur, on voit les rubans violets devenir bleus, le rouge s'identifier avec le brun et la nature prendre une certaine teinte uniforme. Ici encore toutes les solutions vertes ne donnent pas ce résultat, mais uniquement celles qui, examinées au spectroscope, éteignent les extrémités rouge et violette et qui, si l'épaisseur de la solution est suffisante, finissent par réduire le spectre à une bande verte correspondant exactement au trou que la fuchsine y creuse.

En outre, M. Delbœuf constata que la fuchsine rétablit chez un daltonien artificiel sa vue normale, et qu'un daltonien dont la vue est corrigée par de la fuchsine redevient daltonien quand il recourt en même temps au chlorure de nickel.

Une remarque importante à faire ici c'est que la fuchsine et la solution de nickel ne modifient que les couleurs naturelles complexes. Les couleurs du spectre, au contraire, ne subissent aucun changement; elles peuvent être plus ou moins arrêtées par les solutions colorées, mais ne sont jamais transformées.

Ici se place une expérience intéressante et digne d'attention. M. Delbœuf possédait deux rubans, l'un rouge, l'autre brun, qui lui paraissaient être de la même couleur. Or ces rubans analysés au spectroscope présentent, pour un œil normal, très peu de différence. Tout ce qu'on peut constater, c'est que le spectre du ruban brun est rogné à ses

deux extrémités, rouge et violette, et que la partie rouge en est moins éclatante. Si ces deux rubans paraissent identiques à un daltonien, c'est que son œil ne perçoit pas les rayons rouges et violets ; et s'il parvient à faire une différence à l'aide de la fuchsine qui arrête les rayons verts, c'est que ceux-ci augmentaient la résistance de la rétine daltonienne à percevoir ces rayons. Et effectivement un œil normal qui regarde ces rubans à travers une solution de chlorure de nickel, laquelle arrête les rayons rouges et violets et donne par conséquent plus de prépondérance à l'action des rayons verts, cet œil normal ne perçoit plus de différence entre les rubans, il devient daltonien.

M. Delbœuf a institué une autre expérience très délicate, destinée à prouver une fois de plus l'influence des rayons verts sur la perception des couleurs. A l'aide d'une disposition particulière adaptée au spectroscope, il est parvenu à projeter dans un œil normal des rayons verts en même temps qu'on y fait entrer l'image spectrale. Or, sous l'influence de ces rayons verts, le spectre perçu par l'œil normal ressemble tout à fait au spectre des daltoniens, c'est-à-dire, que le violet et une partie du vert deviennent du bleu, le rouge et l'autre partie du vert passent au jaune. Et les choses étant ainsi, une interposition de fuchsine devant l'œil rend au spectre son apparence normale.

M. Delbœuf imagina alors de remplacer la lumière verte qu'on faisait entrer dans l'œil par de la lumière rouge (fuchsine) ; il obtint un effet pareil ; le spectre devint bicolore, avec cette différence qu'ici les couleurs définitives furent le violet et l'orangé. En outre ce spectre considéré à travers le chlorure de nickel reprend sa coloration première.

Il semble, d'après cela, qu'il y ait deux espèces de daltonismes possibles : l'un ramènerait toutes les couleurs au bleu et au jaune, il se corrigerait par la fuchsine ; l'autre ferait tout voir en violet et en orangé et se corrigerait par le chlorure de nickel.

Je fais remarquer ici l'analogie, ou plutôt l'identité de cette classification et de celle adoptée par Hering. Il est digne d'être noté que les deux auteurs soient arrivés au même résultat par des voies bien différentes.

Je dois cependant ajouter que M. Delbœuf ne considère sa classification que comme purement théorique. Dans son mémoire, il déclare ne pas avoir rencontré de daltoniens se corrigeant par le chlorure de nickel. Et dans une lettre qu'il me fit l'honneur de m'écrire le 7 février 1879, il me répète : « Jusqu'à présent — et j'en ai bien vu des daltoniens depuis la publication de notre avant-mémoire — je n'ai pas rencontré une seule personne qui présentât cette affection. »

Je n'ai pas la prétention de vouloir émettre une opinion sur la valeur des trois théories qui viennent d'être exposées. Celle de Young-Helmholtz est séduisante par sa simplicité : elle a cependant plus d'un défaut, et les remarquables expériences de MM. Delbœuf et Spring démontrent, tout au moins, que le daltonisme ne tient pas à une atrophie ou paralysie de certains éléments rétiniens, mais plutôt à une sensibilité exagérée de l'œil pour certaines couleurs.

Qu'il me soit permis d'ajouter que j'ai été témoin de quelques-unes des expériences imaginées par le professeur de Liège. La solution de chlorure de nickel a bien l'action qu'il a décrite sur la perception du spectre. Un daltonien fut soumis à l'influence de la fuchsine ; les effets furent les mêmes que ceux obtenus par M. Delbœuf. Le spectre, qui était bicolore, reprit à peu près son aspect normal : certains objets colorés (entre autres deux timbres-poste qu'il confondait à l'œil nu lui paraissaient notablement différents vus à travers la fuchsine ; enfin les laines colorées qu'il confondait d'après la méthode Holmgren, dont il sera parlé plus loin, il les distinguait très bien quand il se servait de la fuchsine.

J'eus également l'occasion d'examiner un autre dalto-

nien, qui se rangeait sous la rubrique des aveugles pour le vert (classification Holmgren). Il ne put décrire le spectre d'une manière convenable. Mais il subit l'épreuve des laines colorées ; il confondait entre autres le pourpre avec le vert et le gris. Or, quand on interposait entre son œil et les laines une solution de chlorure de nickel, il ne faisait plus les confusions caractéristiques de son espèce de cécité. La solution de fuchsine n'exerçait aucune influence sur la perception des couleurs par ce daltonien. Ce fait vient à l'appui de la classification adoptée par M. Delbœuf (1).

Les expériences que je viens de décrire ouvrent donc une nouvelle voie à l'étude du daltonisme. M. Delbœuf en a déduit une théorie sur l'action des divers rayons colorés sur la rétine. Cette assimilation de la rétine à une membrane élastique, réagissant différemment sous l'influence des divers rayons colorés est-elle bien l'expression de la vérité ? Ou bien ne vaut-il pas mieux, avec M. Hering, faire rentrer la perception des couleurs dans la catégorie de tous les phénomènes physiologiques, qui reposent toujours sur un mouvement nutritif ? C'est ce que l'avenir nous apprendra peut-être. N'oublions pas cependant que la découverte du rouge rétinien semble venir à l'appui des idées défendues par le savant physiologiste de Prague. Et ajoutons qu'il ne nous paraît nullement impossible de concilier la théorie de Hering avec les résultats des expériences instituées par M. Delbœuf.

On le voit, il y a là un vaste champ à explorer pour les physiologistes et les ophtalmologues. C'est ce qui me faisait dire au début de ce travail que l'étude du daltonisme est extrêmement intéressante au point de vue scientifique.

Tout en reconnaissant les lacunes et les défauts de la théorie Young-Helmholtz, c'est sur elle que je m'appuierai

(1) Ces expériences furent faites dans le cabinet de physique du Collège de la Paix de Namur, sous la direction du savant professeur de physique, le P. Van Tricht, et avec la collaboration de M. le Dr Bribosia, directeur de l'Institut ophtalmique de Namur.

dans toute la suite de cet article. Si hypothétique qu'elle soit, elle a du moins le mérite d'être simple et de nous rendre assez bien compte de la plupart des faits que nous rencontrerons sur notre route.

III. Du daltonisme au point de vue pratique.

Classification.

Abstraction faite de toute idée théorique, on peut considérer comme daltoniens tous ceux qui sont incapables de distinguer certaines couleurs, ou qui éprouvent de grandes difficultés à le faire.

L'expérience nous apprend, d'autre part, qu'il existe plusieurs espèces différentes de daltonisme. C'est ainsi que tel vicié confondra un écheveau de laine pourpre avec un écheveau de laine bleue, tandis qu'un autre y trouvera des différences très marquées et manifestera même son étonnement de voir faire pareille confusion.

Jusqu'ici, cependant, il ne me paraît pas qu'on soit parvenu à établir une classification répondant vraiment à la réalité. La classification adoptée par M. Holmgren, de même que celle préconisée par M. Hering ou par M. Delbœuf, résulte de vues théoriques, et non de l'observation des faits. Il est vrai qu'on parvient assez bien à faire rentrer dans ces classifications la plupart des cas qui se rencontrent dans la pratique. Mais, d'une part, il est possible qu'un certain nombre de cas incompatibles avec ces divisions nous échappent ; d'autre part, on éprouve parfois certaines difficultés à classer tel ou tel vicié ; et ce n'est pas sans forcer un peu les choses, qu'on parvient à rester dans les limites des classifications conçues sur un plan purement théorique.

Pour arriver à un résultat rigoureusement exact, il me semble qu'il serait nécessaire de s'en tenir à l'observation seule, et de choisir une méthode dont toute idée théorique

serait complètement exclue. Deux méthodes méritent, sous ce rapport, une confiance que j'ose appeler absolue.

La première, est celle qui était employée par Seebeck. Ce judicieux observateur procédait de la manière suivante à l'examen du sens chromatique. Il invitait à ranger d'après leur ressemblance une quantité d'objets colorés qui, au commencement de l'examen, se trouvaient mélangés. Il employait, dans ce but, des morceaux de papier de couleurs différentes au nombre de 300 environ. On pourrait conserver ces papiers dans l'ordre où ils ont été rangés, et si le nombre d'examinés est suffisant, on arriverait à établir une classification d'après les différents assemblages qui auraient été faits.

La seconde méthode qui répond au but spécial qu'on se propose, est celle du Dr Magnus, de Breslau. Elle consiste à présenter aux examinés les différentes couleurs du spectre solaire et à les inviter à retirer d'une collection de laines colorées tous les échantillons qui leur paraissent identiques à chaque couleur spectrale (1).

La méthode de M. Holmgren, consistant à faire rechercher dans une collection de laines tous les écheveaux qui sont, pour l'examiné, semblables à une ou deux couleurs d'échantillon (le vert et le pourpre), est excellente au point de vue pratique, spécialement pour l'exploration des employés des chemins de fer. Mais il ne m'est pas prouvé qu'elle soit suffisante pour établir une classification complète. C'est ainsi qu'elle laisse de côté toute une série de cas, peut-être rares, mais qui se rencontrent parfois, celle des aveugles pour le violet.

Cependant, comme nous avons pour principal but, dans cette partie de notre travail, de montrer les dangers que le daltonisme peut faire courir dans les chemins de fer et la

(1) Dr Magnus. Zur spectroscopischen Untersuchung Farbenblinder. (*Centralblatt f. prakt. Augenheilkunde*. April 1870.) Dr Magnus. Die Farbenblindheit, ihr Wesen und ihre Bedeutung. Breslau, 1878.

marine, nous adopterons la classification de M. Holmgren, qui, comme nous l'avons dit, comprend :

1° La cécité totale pour les couleurs ;

2° La cécité complète soit pour le rouge, soit pour le vert, soit pour le violet ;

3° La cécité incomplète et le sens chromatique faible.

Des confusions de couleurs dans chaque espèce de cécité chromatique.

Nous avons déjà dit un mot des confusions qui caractérisent chacune des classes de daltoniens. Dans la *cécité totale*, on ne perçoit aucune couleur, mais uniquement le blanc, le noir et le gris. Dans la *cécité pour le rouge*, on confond principalement le rouge, le jaune et le vert ; ces trois couleurs donnent lieu à une même sensation, qui, d'après la théorie Young-Helmholtz, doit être celle du vert pour des yeux normaux. Le rouge et le vert diffèrent pourtant en ce sens que le premier paraît moins intense en lumière que le second. Le bleu et le violet n'offrent également pas grande différence.

Dans la *cécité pour le vert*, il y a aussi confusion du rouge, du jaune et du vert. Ces trois couleurs ne donnent lieu qu'à une sensation qui, théoriquement parlant, doit être celle du rouge pour des yeux normaux. Mais ici c'est le vert qui paraît moins intense en lumière.

Nous ne parlerons pas des confusions caractérisant la *cécité pour le violet*, qui semble être très rare.

Dans la *cécité incomplète des couleurs*, on rencontre une foule de nuances et de degrés très différents, depuis la simple difficulté de distinguer des couleurs très rapprochées (faiblesse du sens chromatique) jusqu'à la limite de la cécité complète. Il est impossible d'établir une distinction rigoureuse dans cette classe. On y trouve une transition insensible entre l'état normal et les anomalies bien tranchées.

D'après ces considérations, on voit que le daltonisme ne se caractérise pas seulement par l'impossibilité de percevoir la couleur fondamentale qui fait défaut. Le daltonien confond un certain nombre de couleurs, de telle sorte que la série des sensations chromatiques est plus restreinte qu'à l'état normal.

Le champ d'erreurs que commet le vicié est donc beaucoup plus étendu que ne semble l'indiquer l'examen de son spectre solaire. Nous ne devons pas nous en étonner ; car les couleurs qui nous entourent sont toutes des couleurs complexes, et non des couleurs simples comme celles du spectre solaire. Du moment qu'une de celles-ci vient à faire défaut, tout le système chromatique doit être plus ou moins dérangé. Aussi constatera-t-on souvent que tel aveugle pour le rouge désignera comme vert un objet rouge, confusion qui ne sera pas admise du tout par un autre daltonien appartenant à la même catégorie. De même, tous les objets rouges ne seront pas pris pour verts ; les uns seront assimilés au brun, d'autres au jaune, etc.

On se tromperait donc étrangement, si on se figurait que les confusions caractéristiques de chaque espèce de cécité chromatique se dévoilent inévitablement lorsqu'on examine un daltonien. Il suffit d'avoir fait quelques explorations de ce genre pour se convaincre que l'on rencontre les plus grandes diversités, et à chaque pas l'on est témoin de faits en apparence tout à fait contradictoires.

Cette observation est surtout vraie quand on recherche la manière dont les viciés dénomment les différentes couleurs. C'est alors surtout que vous entendez les divergences les plus singulières et les plus complètes. C'est ce qui faisait dire à Goethe : « Lorsqu'on laisse aller au hasard une conversation avec un daltonien ou qu'on l'interroge sur les objets qui nous entourent, on se trouve bientôt dans la plus grande confusion et l'on craint de devenir fou » (1).

(1) Goethe. Zur Farbenlehre. Didaktischer Theil. Pathologische Farben. § 109.

Il est facile de trouver une explication de ces faits. Il suffit, en effet, de se demander ce qui arrive à un daltonien de naissance.

Si parfaitement développés qu'ils soient, nos sens sont toujours susceptibles d'une certaine éducation. A mesure que nous avançons dans la vie et que nous nous exerçons à observer le monde extérieur, nous devenons toujours de plus en plus habiles dans l'usage que nous faisons de nos sens. C'est ainsi que l'enfant apprend le nom des couleurs avant de savoir bien les distinguer ; plus tard seulement, il parvient à appliquer ces noms avec justesse, même à des objets qu'il voit pour la première fois.

Un daltonien de naissance s'aperçoit plus ou moins vite que les autres établissent des distinctions entre certaines couleurs qu'il confond complètement. Si c'est une personne peu intelligente, peu habituée à observer et à réfléchir, la plupart du temps elle se dira tout simplement qu'elle n'est pas appelée à voir ce que les autres voient; elle renoncera à l'étude des couleurs et ne s'en occupera plus. Ce fait s'observe le plus souvent dans les classes inférieures et spécialement à la campagne. Aussi, ces viciés peuvent-ils arriver à un âge avancé, sans que personne se soit aperçu de leur défaut visuel ; ou bien, si on constate quelque erreur, on l'attribue à la négligence ou à l'inattention.

Les viciés plus intelligents vont plus loin dans leurs réflexions. Ils s'efforcent de chercher des différences entre les couleurs auxquelles ils entendent donner des noms différents. Ils font principalement cette étude sur les objets qu'ils voient tous les jours, et ils finissent par trouver des caractères particuliers, dont le principal est, d'après la théorie Young-Helmholtz, l'intensité lumineuse. Tel objet qui est appelé rouge, ils le trouvent, par exemple, plus pâle que tel autre objet qu'on nomme vert. Ils exercent tellement leur vue à ces distinctions lumineuses qu'ils finissent par acquérir une grande habileté. Et effectivement, c'est une observation admise par tous ceux qui ont examiné un

certain nombre de daltoniens, que la plupart d'entre eux arrivent à une grande sensibilité pour les impressions lumineuses, et qu'ils sont souvent capables de constater des différences là où un voyant normal n'en trouve pas du tout ; presque tous sont doués d'une grande acuité visuelle.

Il résulte de là que si vous présentez à ces viciés des objets colorés pris au hasard et en petit nombre, vous êtes exposé à ce qu'ils ne commettent aucune erreur. Pour que l'examen soit tout à fait exact, il faut montrer des couleurs en très grand nombre, ou tout ou moins choisir les nuances d'après l'espèce de cécité chromatique que vous pouvez avoir devant vous.

Il résulte encore de là que beaucoup de daltoniens parviennent à tirer de leur sens chromatique incomplet tous les services dont ils ont besoin dans la position qu'ils occupent. Nous verrons que ce cas se présente très souvent pour les employés de chemins de fer, qui parviennent à s'acquitter de leurs devoirs, tout en étant incapables de distinguer les couleurs.

Il résulte enfin de là qu'il est impossible de juger du sens chromatique d'une personne d'après la manière dont elle nomme les couleurs. Avec un peu d'exercice, les daltoniens peuvent arriver à désigner avec justesse la plupart des couleurs qui leur sont montrées. Ils y arrivent surtout, s'ils peuvent juger par comparaison, parce qu'ils ont alors des points de repère très sûrs pour reconnaître les différences d'intensité lumineuse.

Des conséquences pratiques du daltonisme.

Il est un grand nombre de situations et de professions où le vice de la vue n'est d'aucune importance. Il en est d'autres, au contraire, où il peut avoir des conséquences très fâcheuses. Passons ces dernières rapidement en revue ; ce sont les chemins de fer, la marine, les beaux-arts et peut-être le service militaire.

1° *Chemins de fer.* — Tout le monde sait que la sécurité de l'exploitation des chemins de fer est assurée en grande partie par l'emploi de signaux, qui ont des significations différentes par la couleur qui leur est donnée. On emploie des signaux de jour et des signaux de nuit. Les premiers sont des drapeaux, il y en a ordinairement un rouge, un vert et un blanc, ou des disques, blancs d'un côté, rouges de l'autre. Les seconds sont des lanternes munies de verres colorés ; on se sert de lanternes rouges, vertes, blanches, quelquefois aussi de jaunes.

Tous ces signaux sont placés partout où il peut être nécessaire soit de ralentir, soit d'arrêter la marche des trains. La couleur rouge signifie toujours la nécessité d'arrêter le train ; le vert indique le ralentissement ; le blanc ou l'absence de signal indique que le passage est libre. La couleur jaune sert ordinairement à montrer à l'aiguilleur que le signal qu'il a voulu tourner a bien fonctionné.

Il est évident que pour obtenir une grande sécurité dans l'exploitation des chemins de fer, il est de toute nécessité que les employés sachent distinguer rapidement et sans hésitation les couleurs des signaux. Il faut même que cette distinction puisse se faire dans toutes les circonstances données, aussi bien en temps de brouillard, de neige, de pluie, que par les temps les plus clairs. Il y a plus, c'est principalement dans ces moments où les conditions extérieures viennent affaiblir les caractères distinctifs des signaux, qu'il est important de pouvoir les reconnaître ; car c'est dans ces circonstances que l'exploitation des chemins de fer offre le plus de dangers.

Il va sans dire que certaines catégories d'employés doivent présenter sous ce rapport plus de garanties que d'autres ; tels sont les machinistes et les chauffeurs, les gardes et les chefs-gardes de trains, les gardes-excentriques, les gardes-barrières, la plupart des employés des stations.

Tout ce système des signaux, si admirablement organisé aujourd'hui, ne peut donc porter tous ses effets et assurer

complètement la régularité et la sécurité de la marche des trains, que si les employés que je viens de citer possèdent une notion exacte des couleurs.

On se dira peut-être, et beaucoup de personnes se figurent réellement que la présence d'un vicié dans le service des chemins de fer est impossible, ou tout au moins qu'elle ne saurait être de longue durée, parce que le vicié lui-même ou tout au moins ses collègues et ses supérieurs s'apercevront aisément des erreurs commises. C'est là une illusion fâcheuse, que la théorie et l'expérience réfutent et qu'il importe de dissiper.

En effet, il est d'abord établi que des accidents de chemins de fer ont été causés par la présence de daltoniens dans le service. Le nombre n'en est pas grand, il est vrai. Mais, d'une part, il est probable que plusieurs accidents, dont il a été impossible de découvrir la cause, doivent être imputés au daltonisme ; ce qui n'est pas toujours facile à constater, puisque souvent l'auteur de l'accident en est lui-même une des victimes. D'autre part, quand on songe au grand nombre de vies qui sont compromises dans un seul accident, on comprend l'importance qu'il faut attacher à écarter toute cause possible de malheur, si minime qu'elle puisse être.

Au reste, les recherches nombreuses qui ont été faites sur le personnel des chemins de fer de différents pays ont montré que le nombre d'employés affectés de daltonisme est beaucoup plus grand qu'on n'aurait pu s'y attendre. Je citerai entre autres la statistique faite en Suède par M. Holmgren, qui a trouvé 171 viciés sur 7953 employés ; celle du Dr de Fontenay, en Danemark, qui a trouvé 69 viciés sur 257 employés, celle du professeur Donders, en Hollande, qui a trouvé 152 viciés sur 2300 employés. Sur 105 employés que j'ai eu l'occasion d'examiner en Belgique, 6 étaient atteints de daltonisme, dont 3 à un degré très prononcé.

Il est donc établi que le personnel des chemins de fer

contient un certain nombre de daltoniens. Si on ne s'en aperçoit pas et si les accidents dus à cette cause ne sont pas plus fréquents, cela tient encore une fois à ce que par suite de l'exercice les viciés sont parvenus à reconnaître les signaux, non par leurs couleurs, mais par d'autres caractères, dont le plus important est l'intensité lumineuse. Cette distinction des signaux est facilitée par plusieurs circonstances : d'abord la régularité habituelle du mouvement des trains; ensuite parce que, au moins dans le service de jour, le vicié peut juger par comparaison, le signal qui lui est présenté se détachant ordinairement sur un fond vert, blanc ou rouge ; enfin la plupart du temps les actes du vicié sont contrôlés, parfois corrigés par d'autres employés ; c'est ainsi que sur le train, les signaux doivent être observés à la fois par le machiniste, le chauffeur, le chef-garde et le serre-freins.

Toutes ces considérations pourraient faire croire que l'étude du daltonisme n'a pas d'importance au point de vue pratique, puisque les viciés sont capables de remplir avec exactitude leurs fonctions d'employés aux chemins de fer. Du moment qu'un homme sait reconnaître les signaux, qu'importe, dira-t-on peut-être, qu'il s'appuie sur la distinction des couleurs ou sur l'appréciation d'autres caractères. C'est là une erreur qu'il faut combattre ; car elle a retardé l'exécution des mesures qui doivent être prises pour prévenir les dangers du daltonisme.

En effet, l'intensité lumineuse est une chose essentiellement variable, qu'une foule de circonstances peuvent changer. C'est ainsi que, dans le service de nuit, l'intensité lumineuse des lanternes-signaux peut être complètement modifiée par un brouillard intense, par la présence de neige ou de poussière sur les verres colorés, par la grandeur de la flamme, etc. Pendant le jour, les drapeaux et les disques peuvent être plus ou moins éclairés; c'est ainsi qu'un signal rouge, s'il est fortement éclairé par un rayon de soleil, pourra sembler vert à un aveugle pour le rouge,

qui ne se tromperait peut-être pas si le signal était dans les conditions où il le voit ordinairement. D'autre part la quantité de lumière perçue dépend toujours plus ou moins de l'état de l'œil. Un œil très fatigué sera moins sensible à une impression lumineuse qu'un œil reposé. C'est une remarque faite par M. Holmgren que les daltoniens commettent des erreurs beaucoup plus grossières, lorsqu'on examine leur sens chromatique après qu'ils ont subi une fatigue physique ou intellectuelle assez forte.

Il n'y a donc pas de doute que l'intensité lumineuse est un caractère insuffisant pour qu'on puisse s'en contenter dans la distinction des signaux. Tous les employés qui n'ont que cet élément à leur disposition, c'est-à-dire tous les daltoniens, doivent donc être considérés comme impropres à occuper les fonctions que nous avons citées plus haut.

2° *Marine.* — Les inconvénients du daltonisme pour la marine sont encore plus grands que pour les chemins de fer. Le Dr Féris s'est spécialement occupé de cette question, et il a montré les graves dangers que ce vice de la vue peut faire courir aux navires.

En effet, ce sont des feux de couleur qui sont employés pour indiquer la position d'un navire en mer, et la direction de sa marche. Et il existe des règles internationales que les marins doivent connaître et observer pour éviter les collisions. Mais, pour que ces règles soient efficaces, il faut que les officiers et les hommes chargés de conduire le navire aient une notion exacte des couleurs.

Le Dr Féris croit que sur 2408 collisions maritimes arrivées de 1859 à 1866, 359 peuvent être imputées à une interprétation inexacte des couleurs des feux de nuit, par suite de daltonisme chez le capitaine ou l'officier de quart. Il cite un certain nombre de faits à l'appui de son dire (1).

(1) *Archives de la Médecine navale*, avril 1876, et *Revue maritime et coloniale*, janvier 1878.

Sur 502 marins examinés par lui, 47, soit 9,4 pour cent étaient daltoniens ; sur ce nombre 24 ne connaissaient pas le rouge et le vert, couleurs principalement employées dans la marine pour les signaux.

3° *Industrie et commerce.* — Il est un certain nombre d'industries où il est essentiel de posséder des notions très exactes sur les couleurs. Telles sont les teintureries, les fabriques d'étoffes, certaines industries verrières, etc. On a souvent vu des ouvriers ou même des chefs d'industrie commettre des erreurs très fâcheuses, qui les ont même parfois forcés à abandonner leur position.

4° *Beaux-arts.* — On comprend toute l'importance de posséder un sens chromatique normal pour celui qui veut s'occuper de peinture. Nous avons déjà cité des cas d'artistes qui durent y renoncer. N'est-ce pas quelquefois à cause d'une notion inexacte des couleurs que certains peintres donnent à leurs tableaux un coloris qui choque les connaisseurs ?

5° *Service militaire.*— On se sert parfois dans le service militaire de signaux colorés, tels que des drapeaux ou des guidons. Ils sont principalement employés pour marquer des points de ralliement. Le Dr Favre dit qu'on lui a cité des circonstances où des erreurs d'appréciation de la couleur des uniformes paraissaient avoir précipité les uns contre les autres des alliés ou des frères d'armes.

Je ne pense cependant pas que le daltonisme doive être considéré comme un motif d'exemption du service militaire. Mais il serait utile que les chefs de corps connussent exactement le sens chromatique de tous leurs soldats, et qu'ils tinssent compte de cette notion pour les postes à donner à chacun d'eux. On éviterait ainsi tous les inconvénients qui pourraient résulter de la présence de daltoniens dans une armée (1).

(1) Voir à ce sujet la brochure : Des mesures sanitaires et des moyens préventifs nécessités par le daltonisme, par le docteur Favre. — Paris, Masson.

De la fréquence du daltonisme.

La cécité pour les couleurs se rencontre beaucoup plus fréquemment qu'on ne le pensait jadis. Les statistiques assez nombreuses qui ont été faites présentent des divergences très grandes; elles varient entre 3 et 10 pour cent.

Les raisons de ces divergences sont multiples. La première et la plus importante tient au choix de la méthode qui est employée pour la découverte des daltoniens. C'est ainsi que toutes les méthodes basées sur la dénomination des couleurs donnent toujours une proportion trop élevée. Il est encore un autre facteur dont il faut tenir compte dans l'appréciation des statistiques. Comme je l'ai dit précédemment, il existe une transition insensible et graduelle du daltonisme complet jusqu'au sens chromatique normal. Il est impossible de poser une ligne de démarcation nette et précise entre le sens normal et les degrés les moins prononcés de cécité incomplète. Il y a toute une série de cas qui doivent être laissés à l'appréciation de chacun, et où l'un se montrera nécessairement plus rigoureux que l'autre.

De toutes les statistiques, aucune ne l'emporte sur celle de M. Holmgren, en Suède. Elle a été établie à l'aide de sa méthode des laines colorées qui est de beaucoup supérieure à toutes les autres; l'auteur d'ailleurs a acquis une compétence et une expérience exceptionnelles; enfin elle est le résultat de l'examen de plus de 30 000 hommes.

Voici les principales statistiques publiées jusqu'à ce jour:

Le docteur Lederer, à Pola,	a trouvé	1,14	p. c.
Le docteur Hansen, à Copenhague,	»	2,87	p. c.
Le professeur Holmgren, à Upsal,	»	3,25	p. c.
Le docteur Magnus, à Breslau,	»	3,27	p. c.
Le docteur Cohn, à Breslau,	»	3,6	p. c.
Le professeur Pflüger, à Berne,	»	3,6	p. c.
Le docteur Jeffries, à Boston,	»	5	p. c.

Le docteur Stilling à Cassel,	a trouvé	5	p. c.
Le docteur Krohn, en Finlande,	»	5	p. c.
Moi-même, (1) j'ai trouvé en Belgique		5,32	p. c.
Le professeur Wilson, à Edimbourg,	»	5,6	p. c.
Le professeur Donders, à Utrecht,	»	6,608	p. c.
Le docteur Féris, en France,	»	8,18	p. c.
Le docteur Favre, à Lyon,	»	9,33	p. c.
Le docteur Daae, à Krageroe (Norwège),		10,24	p. c.

Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est la rareté relative du daltonisme dans le sexe féminin. Presque toutes les statistiques concordent pour établir ce fait.

Le professeur Dor, de Berlin, a trouvé sur 611 filles, 5 daltoniennes, ou 0,82 p. c.

Le docteur Hansen, de Copenhague, sur 50 femmes, 0 daltonienne, ou 0 p. c.

Le docteur Jeffries, de Boston, a trouvé sur 1025 filles, 0 p. c.

Le professeur Cohn, à Breslau, a trouvé sur 1061 filles, 0 p. c.

Le docteur Magnus, à Breslau, sur 2216, 1 daltonienne, ou 0,04 p. c.

Le professeur Holmgren, d'Upsal, a trouvé 0,26 p. c.

Moi-même sur 238 femmes et jeunes filles, 2 daltoniennes, ou 0,84 p. c.

Je tiens à ajouter que la plupart des jeunes filles que j'ai examinées appartenaient à la classe pauvre et qu'elles s'étaient jusqu'alors fort peu occupées de couleurs.

Quelle est l'explication de cette immunité du sexe féminin pour le daltonisme ? L'opinion généralement admise est que ce privilège est dû à ce que la femme s'occupe beaucoup plus des couleurs dès la jeunesse et même dès

(1) Ma statistique n'a porté que sur 957 hommes et enfants. Je l'ai dressée avec soin, à l'aide de la méthode des laines colorées, à laquelle M. Holmgren a bien voulu m'initier lui-même pendant mon séjour à Upsal.

Les autres statistiques sont extraites de l'ouvrage du docteur Magnus.

l'enfance. Les travaux manuels, les soins et le goût de la toilette, tout concourt à favoriser l'éducation de son sens chromatique.

Je ne crois pas que cette explication soit la véritable. Et d'abord il ne me paraît pas prouvé que l'exercice puisse guérir un daltonisme congénital. Ensuite si l'opinion que je combats était vraie, on devrait constater une différence assez sensible chez les petites filles très-jeunes et celles qui sont un peu plus âgées. Or, dans les recherches que j'ai faites sur les enfants d'une école gardienne (depuis 3 ans jusque 6 et 7 ans), j'ai constaté à toute évidence que la facilité de reconnaître les couleurs était déjà très prononcée chez les filles les plus jeunes, et que déjà à cet âge elles présentaient une supériorité assez grande sur les petits garçons. Et cependant ni les uns ni les autres ne s'étaient guère occupés de couleurs.

MM. Holmgren et Magnus ont émis une opinion que je crois plus plausible. Ils pensent que l'exercice du sens chromatique peut avoir une certaine influence, non pas sur chaque individu, mais plutôt sur toute une génération ; ce ne serait donc pas le sens chromatique de telle ou telle personne qui s'améliorerait, mais bien le sens chromatique de plusieurs générations successives. L'exercice et l'hérédité seraient deux facteurs qui agiraient concurremment pour donner au sexe féminin son immunité pour le daltonisme.

Une autre singularité paraît résulter des recherches des docteurs Magnus et Cohn, de Breslau. D'après leur statistique, le daltonisme serait plus fréquent chez les juifs que chez les chrétiens. Des 3273 écoliers examinés par le Dr Magnus, 2509 étaient chrétiens, 764 juifs ; or les premiers comptaient 71 daltoniens, les seconds 29 ; la proportion était donc de 2,83 pour cent chez les chrétiens et 3,79 chez les Juifs. Dans une école exclusivement juive, fréquentée par 216 enfants, le Dr Magnus trouva 11 daltoniens, donc 5,09 pour cent.

Le Dr Cohn a constaté chez les juifs une proportion de 4,8 pour cent et de 3,6 seulement chez les chrétiens.

Les filles juives présentent, d'après ces recherches, la même immunité que les filles chrétiennes. Ces deux observateurs n'ont pu trouver aucune daltonienne parmi toutes les juives qu'ils ont examinées.

Le Dr Magnus attribue cette fréquence plus grande du daltonisme chez les juifs à leur coutume de se marier toujours dans la même race. C'est là une condition favorable à l'éclosion de toutes les maladies et infirmités héréditaires. Or, nous allons le dire à l'instant, le daltonisme se transmet souvent par hérédité.

Des causes du daltonisme.

Il est établi que le daltonisme peut être congénital ou acquis.

1° *Daltonisme congénital.* — La plupart des daltoniens viennent au monde avec leur infirmité. C'est un fait démontré par les nombreuses recherches qui ont été faites sur les enfants, et qui est confirmé par les daltoniens intelligents, lesquels s'aperçoivent souvent de leur vice dès leur plus tendre jeunesse.

Il est certain aussi que ce vice du sens chromatique est souvent héréditaire. Le premier exemple connu de daltonisme a déjà démontré ce point. Le cordonnier Harris avait deux frères daltoniens comme lui. Les cas se sont multipliés de plus en plus, à tel point que le professeur Horner, de Zurich, a cru pouvoir établir la loi suivante : les hommes daltoniens engendrent ordinairement des enfants au sens chromatique normal ; les fils des filles de ces daltoniens sont de nouveau viciés (1). Il est assez remarquable que cette transmission se fasse par l'intermédiaire du sexe féminin,

(1) Horner. Mittheilungen aus der ophtalmologischen Klinik. Amtlicher Bericht ueber die Verwaltung des Medicinalwesens des Kanton Zurich vom Jahre 1876.

alors que celui-ci présente une immunité pour le daltonisme.

Le Dr Magnus confirme cette opinion du professeur Horner. Un certain nombre de daltoniens qu'il a observés savaient que la famille de leur mère avait présenté plusieurs cas de la même infirmité (1). Cette loi de transmission héréditaire existe aussi pour d'autres anomalies physiologiques telles que la tendance aux hémorrhagies, la cécité nocturne, etc. (2).

Cette loi n'est cependant pas exclusive. On connaît d'autres cas de transmission, par exemple, de père en fils.

Il n'est pas probable que la consanguinité des mariages ait une influence sur la production *individuelle* du daltonisme. C'est ce qui résulte principalement des recherches du Dr Cohn.

2° *Daltonisme acquis.* — Le daltonisme peut s'acquérir dans diverses circonstances. C'est ainsi qu'il se manifeste quelquefois sous l'influence de fatigues excessives ; le Dr Favre dit avoir rencontré plusieurs cas de ce genre, entre autres celui d'un père de famille devenu daltonien par suite de la fatigue et du chagrin causés par la mort d'un enfant, près duquel il avait veillé plusieurs nuits consécutives.

Le même auteur cite plusieurs faits de daltonisme développés par lésion traumatique de l'œil lui-même ou du crâne. Cette anomalie persiste quelquefois un certain temps après la disparition de la lésion qui l'a déterminée.

La cécité pour les couleurs est également une suite fréquente de l'abus du tabac et de l'alcool. C'est un fait qui a été démontré par de nombreuses observations. Le Dr Hirschberg, de Berlin, a examiné soigneusement six

(1) Dr Magnus. Die Farbenblindheit, ihr Wesen und ihr Bedeutung, p. 59.

(2) Le Dr Pagenstecher. Ueber Erblichkeit der Hemeralopie. *Mittheilung en der Heidelberger Ophtalm. Gesellschaft. Centralbl. f. prakt, Augenheilk.* Août 1878.

cas d'amblyopie dus évidemment à l'abus du tabac (1).

Le professeur Nuël, de Louvain, a rencontré également plusieurs faits de daltonisme causés par l'abus de l'alcool (2).

L'altération du sens chromatique est aussi un symptôme fréquent, parfois initial, de l'atrophie du nerf optique. Sur trente-six cas d'atrophie, M. Leber ne l'a vue manquer que trois fois (3).

Enfin on constate quelquefois un daltonisme plus ou moins prononcé chez les femmes hystériques.

Notons pour mémoire les observations de daltonisme déterminé par l'ingestion du sulfate de quinine, de la santonine, etc.

L'existence du daltonisme acquis par suite de lésions traumatiques et par l'abus de l'alcool ou du tabac est de la plus haute importance pratique. En effet ce sont précisément des causes qui peuvent affecter et affectent souvent les ouvriers de chemins de fer. Or, cette infirmité se développant alors insensiblement et graduellement, celui qui en est atteint l'ignorera complètement et il continuera son service en toute sécurité, alors qu'il est cependant incapable de distinguer les couleurs des signaux. C'est ce qui a fait dire à M. Nuël que les individus atteints de cette espèce de cécité chromatique sont plus dangereux dans le service des chemins de fer que les daltoniens de naissance.

IV. Du daltonisme au point de vue historique.

Nous ne pouvons passer sous silence un des côtés les plus intéressants de cette question, à savoir la théorie de l'évolution historique du sens des couleurs. Il y a déjà

(1) Hirschberg. Ueber Tabaksamblyopie und verwandte Zustaende, in *Deutsch. Zeitschr. für prakt. Medicin*, 1878.

(2) Nuël. L'amblyopie alcoolique et le daltonisme. *Bulletin de l'Académ. roy. de méd. de Belgique*, juillet 1877.

(3) Leber. Ueber das Vorkommen von Anomalien des Farbensinnes bei Krankheiten des Auges in *Arch. f. Opht.* 1870.

assez longtemps qu'on a émis l'hypothèse que le sens chromatique de l'homme s'est développé insensiblement et graduellement dans la suite des âges. La première trace de cette opinion se retrouve dans Humboldt et Goethe. Mais c'est M. Gladstone, l'ex-chancelier de l'Échiquier, qui a le premier exposé cette théorie d'une manière complète et scientifique (1). La conclusion à laquelle l'ont conduit ses études sur Homère est celle-ci: « Homère a fait usage plus qu'aucun autre poète de toutes les expressions qui déterminent les effets lumineux dans toutes leurs modifications et à tous les degrés d'intensité ; mais ses descriptions et ses dénominations de différentes couleurs sont non seulement très imparfaites, mais encore très indécises. Homère avait donc une perception très défectueuse et très indécise des couleurs prismatiques (qui proviennent de la réfraction de la lumière, comme par exemple de celles de l'arc-en-ciel) et cela est encore plus frappant pour les couleurs mélangées. »

Le célèbre philologue Lazarus Geiger reprit et confirma les idées émises par M. Gladstone. Dans ses études sur les langues anciennes, particulièrement sur la Bible, les Védas, le Zend-Avesta, il remarqua l'absence d'expressions pour désigner le bleu et le vert, et il en conclut que les anciens ne savaient pas distinguer ces deux couleurs (2).

Cette théorie fut exposée dans toute son ampleur par le professeur Magnus de Breslau (3). Voici les conclusions auxquelles il arrive :

I. Dans l'histoire de l'évolution de l'homme, il y a une période durant laquelle le sens de la lumière a seul existé, le sens des couleurs faisant encore complètement défaut.

(1) Gladstone. Studies on Homer and the Homeric age. Oxford 1858.

(2) L. Geiger. Zur Entwickelungsgeschichte der Menscheit, Stuttgart 1871 ; et, Ursprung und Entwickelung der menschlichen Sprache und Vernunft, Stuttgart 1872.

(3) Dr Hugo Magnus. Die geschichtliche Entwickelung des Farbensinnes, Leipzig 1877 ; et, Section für œffentliche zu Gesundheitspflege Breslau, 1 Febr. 1878. Vortrag von Dr Magnus.

II. Le sens des couleurs est sorti, à l'origine, par voie de développement du sens de la lumière : l'excitation incessante des éléments sensibles de la rétine sous l'influence de la lumière a peu à peu augmenté et perfectionné l'aptitude fonctionnelle de cette membrane, si bien qu'elle en est arrivée à distinguer et à sentir dans les rayons lumineux, non plus seulement leur intensité, mais aussi leur couleur.

III. Le temps dont les différentes couleurs ont eu besoin pour affecter la rétine, en tant qu'impression spécifique, est en raison inverse de la quantité de force vive qu'elles possèdent ; en d'autres termes, plus la quantité d'une couleur est grande, plus tôt cette couleur est parvenue à être sentie par la rétine ; plus elle est petite, plus la rétine a mis de temps à la distinguer et à la sentir. Il a donc fallu moins de temps aux couleurs d'une forte intensité lumineuse, et plus de temps à celles d'une intensité moindre, pour affecter la rétine et faire naître en elle une sensation d'une nature spéciale.

Ainsi, d'après M. Magnus, le développement historique du sens des couleurs a suivi l'ordre des couleurs du spectre tel que l'indique Newton. Et il divise ce développement en quatre périodes : la première est celle où l'homme n'avait aucune sensation colorée ; la seconde est celle où se sont formées les sensations du rouge et du jaune ; dans la troisième, c'est la sensation du vert, spécialement du vert sombre, qui s'est développée ; enfin la quatrième est caractérisée par l'apparition du bleu, auquel s'est lié le violet. Cette dernière période n'est pas complètement terminée, d'après M. Magnus, puisqu'un certain nombre de personnes sont actuellement incapables de distinguer le bleu du violet. Enfin l'auteur admet que l'œil humain se perfectionnera encore et que, dans un temps plus ou moins éloigné, il distinguera les rayons ultra-violets qui pour nous sont encore obscurs.

Mais M. Magnus va plus loin ; il cherche à marquer certaines dates à ces périodes qui viennent d'être énumé-

rées. Il n'hésite pas à le faire d'une manière expresse pour la deuxième période. « Il n'est pas très difficile, dit-il, de déterminer historiquement l'époque pendant laquelle le sens des couleurs ne consista qu'à sentir le rouge et le jaune, alors que toutes les autres nuances n'étaient pas encore perçues comme des modifications distinctes et *sui generis* de la sensation et demeuraient confondues dans la notion de l'intensité lumineuse. Les poèmes homériques fournissent justement pour cette époque des renseignements exacts et très instructifs pour nous.

» Les désignations de couleurs qu'on rencontre dans ces poèmes prouvent de la manière la plus évidente qu'à cette époque la rétine humaine ne pouvait encore reconnaître et sentir, d'après leur valeur chromatique réelle, que les couleurs riches en lumière, tandis que les couleurs d'une intensité de lumière moyenne ou inférieure, telle que le vert, le bleu et le violet n'affectaient pas encore l'œil par un acte distinct de sensation : le vert se confondait avec la notion du jaune-pâle, le bleu et le violet avec celle de l'obscur.

» L'emploi d'expressions pour les couleurs prismatiques est complètement absent des poèmes homériques ainsi que l'a montré Gladstone, tandis qu'au contraire, les rapports que présentent les objets diversement colorés, à cause même de leur coloration différente, avec l'intensité lumineuse, avec la quantité absolue de lumière sont notés par des expressions nombreuses et très variées. »

Dans toute sa théorie, M. Magnus se base sur trois ordres de preuves : 1° Il recherche le nombre d'expressions désignant des couleurs aux différentes époques ; et il trouve que plus on remonte vers l'antiquité, moins on trouve d'expressions propres à nommer les couleurs ; si bien qu'on arrive enfin à une époque, où on ne trouve plus aucun terme de couleur. 2° Il examine si les noms de couleurs qui ont été employés dans différentes périodes d'une langue sont toujours restés les mêmes ou ont varié avec les épo-

ques. Il rappelle que les mots grecs χλωρὸς, κύανος, n'ont pas toujours eu la même signification chromatique ; et il dit que ce fait serait inexplicable, si on n'admettait pas que le sens chromatique a varié. 3° Il compare les descriptions qui ont été faites à différentes époques de phénomènes de la nature, qui ont toujours eu les mêmes caractères de couleur. C'est ainsi qu'il cite Xénophane qui ne reconnaissait que trois couleurs dans l'arc-en-ciel : le pourpre, le rouge et le jaune verdâtre.

A la suite du travail de Magnus, M. Gladstone a encore repris ses études précédentes sur Homère ; et recherchant les significations de différentes expressions désignant des impressions visuelles, il arrive de nouveau à la conclusion qu'aucune de nos dénominations actuelles des couleurs ne correspond exactement à l'idée que, d'après l'Odyssée et l'Iliade, Homère pouvait se faire de ces couleurs (1).

Je n'insisterais pas si longuement sur ces divers travaux, si cette question n'avait une importance qu'il est impossible de méconnaître et qui est pleinement mise en lumière par le traducteur de l'ouvrage de M. Magnus : « L'un des titres les plus glorieux de la science moderne, dit le Dr Soury, est d'avoir établi que les formes sans nombre des organismes vivants, loin d'avoir rien de fixe ni d'immuable, se sont développées au cours des siècles et se transforment indéfiniment sous l'action des forces de la nature. Ce qui est vrai des organes l'est aussi des fonctions. A toute modification dans la forme et la structure d'un organe, correspond un changement dans l'activité fonctionnelle. Les organes des sens ont certainement varié comme les autres, mais les différences anatomiques y sont quelquefois presque imperceptibles et peuvent échapper à l'investigation directe : l'évolution ou l'involution des fonctions attestent au moins que l'organe s'est modifié.

(1) *Nineteenth Century*, Octob. 1877. Traduct. allemande : Der Farbensinn, mit besonderer Berücksichtigung der Farbenkentniss des Homer. Breslau, 1878.

» L'organe du sens des couleurs paraît être un exemple frappant de ce que nous avançons (1). »

Et plus loin : « Ajoutez les cas de cécité congénitale des couleurs qui semble bien être, ainsi que tout phénomène atavique, une sorte de souvenir organique de l'espèce. »

On le voit, cette théorie vient à point, et on s'en empare, pour appuyer les idées transformistes qui, décidément, sont de mode aujourd'hui.

Quoi qu'il en soit, de nombreux contradicteurs ont surgi pour réfuter les opinions de MM. Gladstone et Magnus. Et il nous paraît impossible de les admettre encore, après les rudes coups que lui ont portés des adversaires distingués, tels que le Dr Stilling, le professeur Förster, et surtout le Dr Dor, de Lyon.

Ainsi que le font remarquer très justement les Drs Förster (2) et Stilling (3), c'est une grande erreur de soutenir que le développement des langues est toujours en rapport avec celui des sensations. L'expérience de tous les jours prouve qu'il y a des sensations, pour lesquelles il n'existe aucune expression. Voyez plutôt les enfants. Que de temps il leur faut pour trouver les expressions se rapportant au grand nombre de sensations dont ils sont déjà susceptibles vers la fin de leur première année. Et même pour un adulte, que de temps il lui faut pour arriver à connaître à fond et complètement sa langue maternelle. Ne peut-on pas comparer l'espèce humaine tout entière à un enfant? N'apprend-elle pas toujours à mieux observer, et n'invente-t-elle pas successivement des expressions servant à désigner des sensations qui existent depuis longtemps? Voyez les autres

(1) Magnus. Histoire de l'évolution du sens des couleurs. Traduction française, avec une introduction par Jules Soury. Paris, 1878.

(2) Section für oeffentliche Gesundheitspiege zu Breslau. 1 Febr. 1878. *Centralbl. für prakt. Augenheilk.* Mars 1878.

(3) 51e Versammlung der Deutscher Naturforscher und Aerzte, in Cassel. Allgemeine Zitzung am 17 september 1878. Rede vom Dr Stilling jun. Ueber Farbensinn und Farbenblindheit.

organes des sens! Pour l'odorat, pour le goût, que de sensations nombreuses et variées qu'il nous est impossible d'exprimer! Et même pour la vue, ne connaissons-nous pas un bon nombre de nuances, soit de rouge, soit de jaune, qui diffèrent considérablement entre elles, et que nous ne saurions caractériser? C'est à l'imperfection de la langue qu'il faut l'attribuer, et non à un développement incomplet de la rétine.

L'emploi d'un seul et même mot pour deux couleurs différentes ne prouve rien non plus. Car, comme l'observe avec raison le Dr Dor, nous trouvons encore aujourd'hui des peuples qui n'ont qu'une seule dénomination pour deux couleurs différentes. Ainsi les Annamites, à Saïgon et dans toute la Cochinchine, disent encore aujourd'hui *xanh* pour vert et pour bleu; seulement ils ajoutent la qualification spéciale *xanh troi* (*xanh* comme le ciel) pour bleu et *xanh tre* (*xanh* comme le bambou) pour vert (1).

L'argument tiré des descriptions des phénomènes de la nature n'est pas meilleur que les précédents. Plus d'un contemporain, que vous interrogeriez, ne saurait pas mieux que Xénophane décrire l'arc-en-ciel. Les anciens avaient, au reste, des notions tout aussi fausses sur toute la nature.

En tous cas Xénophane ne peut être considéré comme daltonien; car il n'aurait vu que du jaune et du bleu dans l'arc-en-ciel; ce sont les seules couleurs que nos daltoniens reconnaissent, ainsi que le démontre un curieux tableau du déluge qui existe au musée d'Amsterdam, et qui a dû être peint par un daltonien.

Le Dr Dor a eu l'idée de faire des expériences avec un certain nombre de malades de sa clinique. Or, sur 43 personnes qu'il a examinées et auxquelles il a demandé de dé-

(1) Dor. De l'évolution historique du sens des couleurs. Réfutation des théories de Gladstone et de Magnus. Paris, Masson, 1878.

crire les couleurs de l'arc-en-ciel, quatre seulement lui indiquèrent les sept couleurs ; et dans ce nombre se trouvaient les deux médecins-adjoints, qui connaissaient les couleurs newtoniennes.

L'observation des daltoniens actuels ne prouve pas grand' chose. Car, si les idées de Magnus se vérifiaient, c'est la cécité pour le bleu-jaune qui devrait être la plus fréquente. Or celle-ci est rare, et jusqu'ici on n'a pu en constater l'hérédité. La cécité pour le rouge-vert est la forme ordinaire, et son hérédité est incontestable.

D'autre part, la loi des couleurs complémentaires ou antagonistes est aussi en contradiction avec la théorie de l'évolution. Nous savons, en effet, que là où il y a sensation de rouge, il y a aussi sensation de vert; l'une peut même produire l'autre, dans certaines circonstances données. Or les Grecs ont des expressions pour désigner le rouge et le jaune; donc ils devaient être également capables de voir le vert et le bleu. S'ils ne savaient distinguer le vert et le bleu, ils devaient nécessairement être complètement aveugles pour les couleurs.

Au reste, M. Dor a fait dans les poètes français des recherches qui renversent tout l'échafaudage de preuves que MM. Geiger et Gladstone ont tiré de leurs études des auteurs anciens. C'est ainsi qu'il a été frappé du même fait que M. Gladstone signale déjà pour Homère, à savoir l'excessive fréquence relative des expressions désignant l'intensité lumineuse et le petit nombre d'indications sur les couleurs proprement dites.

Il fait, en outre, un grand nombre de citations des poètes modernes, desquelles on pourrait conclure que ces poètes sont pour le moins tout aussi aveugles pour les couleurs que l'humanité au temps d'Homère. Et, du reste, même dans le langage ordinaire, n'employons-nous pas souvent des noms de couleurs d'une manière tout à fait arbitraire ou erronée? Ne dit-on pas du vin blanc, des viandes blanches, la race blanche, des raisins rouges,

un conte bleu, une peur bleue, méchant comme un âne rouge.

Enfin M. Dor a cherché à établir d'une manière positive que, même dans les temps historiques les plus reculés, c'est-à-dire, aux temps des Assyriens et des anciens Égyptiens, le sens chromatique était développé au même degré que nous rencontrons encore aujourd'hui.

Il rappelle la ville d'Ecbatane, dont les sept murailles avaient chacune une couleur différente, d'après les sept planètes, à savoir : blanc, noir, pourpre, bleu, orangé, argent et or. Il cite la célèbre pourpre de Tyr dont le commerce était autrefois si important que les historiens nous racontent qu'on en aurait trouvé 5000 quintaux dans les ruines de Babylone.

En outre, on peut voir dans les anciens temples de l'Égypte, si bien conservés jusqu'à nos jours, que partout les couleurs s'accordent parfaitement avec nos notions actuelles.

« Quant aux couleurs, dit Owen Jones, les Assyriens paraissent avoir employé le bleu, le rouge, le blanc et le noir dans leurs ornements peints, le bleu, le rouge et l'or dans leurs ornements sculptés, et le vert, l'orangé, le buffle, le blanc et le noir pour leurs briques émaillées (1). » Enfin nous possédons des analyses chimiques, faites par le professeur John et publiées en 1828 (2), d'où il ressort que les anciens Égyptiens savaient non seulement faire usage des couleurs naturelles, mais aussi les produire par des mélanges. Ces couleurs analysées sont le vert, le bleu verdâtre, le bleu azur, le bleu de montagne, le brun, le rouge brique, le brun rouge, le jaune, le violet. La collection du baron de Minutoli renferme des tissus antiques de

(1) La grammaire de l'ornement, par Owen Jones. — Londres. Day and son. 1865.

(2) Reise zum Tempel des Jupiter Ammon in der lybischen Wüste und nach Ober-Ægypten, in den Jahren 1820-21, von Heinr. Frhr. v. Minutoli. Im Auszuge mitgetheilt von Aug. Rücker. Berlin, 1828.

couleur jaune pâle, brun jaune, brun châtain, rouge chair foncé.

De tout cela on peut conclure, avec M. le Dr Dor, que le plus ancien peuple historiquement connu, les Égyptiens, avait non seulement perçu, mais exactement imité ces différentes couleurs. Ces sensations sont donc au moins de six à sept siècles plus anciennes qu'Homère.

V. Des moyens propres a prévenir les dangers du daltonisme.

Nous avons vu que le daltonisme pouvait avoir des conséquences fâcheuses, et même dangereuses pour certaines professions. C'est principalement, nous l'avons dit, au point de vue des chemins de fer et de la marine que cette infirmité offre une importance capitale. Il est reconnu, en effet, que les daltoniens sont, à un degré plus ou moins prononcé, incapables de distinguer les couleurs des signaux; d'autre part, les recherches faites ont démontré la présence de ces viciés dans le personnel des chemins de fer. Il est donc indispensable et même urgent de prendre des mesures pour prévenir les accidents qui peuvent en résulter.

Plusieurs moyens se présentent à l'esprit, nous les examinerons rapidement en recherchant quels sont les plus pratiques et les plus sûrs. On a proposé de guérir définitivement le daltonisme, de corriger temporairement ce vice à l'aide de verres colorés, de changer les signaux, enfin d'éliminer les viciés du personnel des chemins de fer.

1° *Guérison du daltonisme.* — Quelques auteurs pensent qu'il est possible de guérir les daltoniens. Le professeur Delbœuf, tout en évitant de se prononcer d'une manière catégorique, incline à croire que le redressement du daltonisme est possible. Lui-même affirme avoir éprouvé une amélioration très sensible. Et il trouve dans ce fait une confirmation de sa théorie. « Si, dit-il, la fuchsine ne sert

qu'à briser certaines résistances, si elle arrête des rayons dont la propriété est d'encourager et d'entretenir ces regimbements, dans les six mois qu'ont duré nos expériences et pendant lesquels j'ai eu, pour ainsi dire, constamment de la fuchsine devant le regard, je les ai si souvent vaincues, que les éléments nerveux de mon œil sont plus désagrégeables, ont pris comme de nouvelles habitudes et obéissent plus facilement aux impulsions des agents lumineux. »

Les docteurs Favre et Féris croient que l'on peut guérir le daltonisme en exerçant les viciés à la distinction des couleurs. Le premier a introduit dans quelques écoles des leçons régulières destinées à perfectionner et à corriger le sens chromatique des élèves. Il a exposé dans plusieurs publications la méthode qui, dit-il, lui a donné des résultats satisfaisants. Je ne m'étendrai ni sur cette méthode ni sur les résultats obtenus. Qu'il me suffise de remarquer que le Dr Favre s'est toujours servi de la dénomination des couleurs, soit dans l'examen des élèves pour rechercher les daltoniens qui se trouvent parmi eux, soit dans les leçons qui leur étaient données, soit dans l'appréciation des progrès obtenus. Or, nous l'avons dit, cette méthode est défectueuse. On peut affirmer *à priori* que le Dr Favre aura dû considérer comme daltoniens des élèves qui ne le sont pas. Ensuite, par les exercices ainsi institués, on apprendra peut-être aux élèves à nommer exactement les couleurs ; mais cette faculté n'est pas identique avec la capacité de les bien distinguer. Enfin, pour apprécier si le sens chromatique s'est amélioré, il faut examiner si l'intéressé distingue mieux les couleurs, et non s'il les nomme mieux.

Au reste, quelques faits semblent contredire l'opinion du Dr Favre. C'est ainsi que Dalton ne parvint jamais à se corriger de son défaut, malgré toutes les peines qu'il se donna. Bon nombre de viciés intelligents ont éprouvé la même déception. Les daltoniens, qui sont employés sur les

chemins de fer et qui s'exercent constamment à voir et à reconnaître les couleurs des signaux, n'améliorent cependant pas leur sens chromatique. S'ils ne commettent pas d'erreurs, c'est, nous l'avons dit, parce qu'ils ont trouvé un autre caractère que la couleur pour reconnaître les signaux. Et l'on peut démontrer que leur sens des couleurs est resté défectueux, en les soumettant à des épreuves rationnelles, où ils commettent les confusions les plus caractéristiques et les mieux tranchées. Leur cécité chromatique est donc restée la même ou à peu près.

Il ne faut cependant pas condamner d'une manière absolue l'idée du Dr Favre. Il ne sera jamais inutile d'introduire ces exercices de distinction des couleurs dans les écoles. Si on n'obtient pas le résultat immédiat auquel ce médecin prétend, tout au moins peut-on espérer d'améliorer le sens chromatique des générations futures. Mais, à mon avis, il est indispensable de recourir à d'autres méthodes. Je citerai entre autres, celle du Dr Magnus, qui me paraît plus rationnelle et plus pratique (1). Il emploie d'abord des tableaux de couleurs. L'instituteur commence par enseigner les noms de ces couleurs, en ayant soin d'attirer l'attention des élèves sur les différences de nuances. Puis, l'instituteur donne une collection de laines colorées, et il apprend à retrouver dans cette collection chaque laine correspondant aux différentes couleurs du tableau. Enfin, plus tard, il peut même simplement nommer certains objets colorés, tels que des fleurs, et demander à l'enfant de montrer l'écheveau de laine de même couleur que l'objet qu'on lui cite.

Quoi qu'il en soit de ces méthodes, est-il permis de con-

(1) Cette méthode est exposée dans l'ouvrage déjà cité : Dr Magnus. Die Farbenblindheit, ihr Wesen, etc. Elle a été réalisée dans la petite brochure de M. Hirrlinger, intitulée : Leitfaden zu den Prüfungs-und Uebungstafel zur Untersuchung des Farbensinnes und zum Schutze vor Farbenblindheit. Stuttgart, 1878, bei Paul Moser. A la brochure est joint un tableau chromatique.

sidérer ces exercices comme un moyen propre à prévenir les conséquences actuelles du daltonisme pour les chemins de fer? Je ne le pense pas. C'est une illusion de croire que l'on puisse guérir des adultes atteints de cécité chromatique. Peut-être apprendront-ils à nommer les couleurs, peut-être même finiront-ils par les distinguer dans telle circonstance et telle condition données. Il ne s'ensuit nullement que leur sens chromatique soit rectifié. Et il n'est pas dit que ces hommes ainsi exercés sauront reconnaître les couleurs dans toutes les circonstances possibles. On n'aura donc pris qu'une demi-mesure, doublement regrettable, parce qu'elle fera négliger des réformes plus complètes et plus sûres.

2° *Emploi de verres colorés.* — Dans un rapport sur le daltonisme, M. Delbœuf propose le moyen suivant pour prévenir les accidents. « On pourrait, dit-il, — et cette mesure vise principalement le daltonisme faible, accidentel ou momentané — adapter aux locomotives un appareil analyseur rapide qui supprime, même pour ceux qui sont daltoniens au plus haut degré, la possibilité de confondre le rouge ou le vert avec n'importe quelle couleur et qui renforce le contraste des signaux. Cet appareil consisterait en deux vitres, l'une verte, l'autre rouge, jouissant des propriétés dont nous allons parler. Du moment que le machiniste aurait le moindre doute sur la couleur d'un signal, il lui suffirait de le regarder par ces vitres. Vu à travers le carreau rouge, le signal de cette couleur acquerra plus d'éclat et contrastera davantage sur le reste du champ visuel; il s'éteindra, au contraire, vu à travers la vitre verte. L'effet opposé se produira sur le signal vert.

» Cet appareil, infallible pour les signaux de jour, efficace aussi dans une certaine mesure pour les signaux de nuit, serait cependant, dans ce dernier cas, d'un usage moins pratique.

» Pour ces derniers signaux,..... nous pensons qu'il y aurait lieu de faire des recherches chimiques, pour obtenir

un verre rouge à adapter aux lanternes et jouissant d'autres propriétés optiques que celles des vitres actuellement employées. Ce verre rouge devrait agir à peu près comme le fait une couche de fuchsine intercalée entre deux lames de verre, c'est-à-dire éteindre uniquement le vert spectral. La lumière qu'il laisserait passer, tout en restant aussi caractéristique, est plus brillante, surtout pour ceux qui ont régulièrement ou qui peuvent avoir accidentellement une certaine insensibilité pour le rouge.

» Enfin, une mesure analogue est peut-être applicable aux lanternes vertes. Il faudrait évidemment les munir de verres éteignant uniquement le pourpre (1). »

On le voit, cette mesure, pour être efficace, présuppose que la théorie de M. Delbœuf est fondée, ou tout au moins que ses expériences sont applicables à tous les cas possibles de daltonisme. Or, il faut bien le dire, nous n'en sommes pas là. M. Holmgren m'a dit ne pas avoir toujours obtenu les résultats exposés par M. Delbœuf. D'autre part, puisqu'il y a des degrés très variables dans la cécité chromatique, ne faudrait-il pas des verres très diversement colorés, les uns plus foncés, les autres plus pâles? Ne faudrait-il pas même que l'appareil analyseur fût adapté à chaque vicié? Enfin ne doit-on pas tenir compte de la fragilité de ces verres colorés, de leur bris possible, de la négligence ou de l'inattention du vicié? En un mot, il n'y a encore là qu'une mesure insuffisante, dont l'efficacité n'est pas expérimentalement démontrée.

3° *Modification des signaux.* — C'est certainement l'idée qui devait venir en premier lieu à l'esprit, de modifier les caractères sur lesquels sont fondés les signaux. Mais cette idée est beaucoup moins pratique qu'elle ne le paraît.

(1) Rapport sur les questions relatives au daltonisme intéressant les administrations du chemin de fer. — *Bulletin de l'Académie royale des sciences de Belgique.* N. 4, 1878, p. 365.

On a proposé de prendre d'autres couleurs pour les signaux. Nous avons vu, en effet, que les couleurs principalement confondues par les daltoniens sont le vert, le jaune et le rouge. Or ce sont précisément les couleurs que l'en emploie dans les signaux. Ce choix paraît malheureux. Mais il est évident qu'il n'a pas été fait au hasard. Les seules couleurs qui pourraient être substituées seraient le bleu, l'indigo ou le violet. Or ces couleurs, qui peuvent être utilisées pendant le jour, sont très défectueuses pour les signaux de nuit. Les lanternes munies de verres bleus ne donnent que très peu de lumière colorée ; pour avoir une lueur suffisamment intense, il faut employer des verres assez minces, et alors la flamme perd en coloration ce qu'elle gagne en intensité.

Au reste, si on voulait modifier les couleurs des signaux de manière à empêcher les confusions des daltoniens, on ne pourrait choisir que deux couleurs : d'une part le vert, le jaune ou le rouge, d'autre part le bleu, l'indigo ou le violet. Or il est évident qu'un système de signaux basé sur deux couleurs serait moins sûr que celui où l'on en emploie trois.

On a pensé à modifier la nature des signaux, les faisant reposer sur la clarté et l'obscurité, le blanc et le noir, la forme, le nombre, le mouvement de certains objets. Mais jusqu'ici aucune administration de chemin de fer n'a cru ces idées réalisables et pratiques. Et, au point de vue médical, il faut ajouter que certains de ces signaux seraient encore plus dangereux que les couleurs, parce qu'ils pourraient donner lieu à des erreurs par suite d'autres anomalies de la vue, telles que celles de la réfraction, de l'accommodation, etc. Enfin, on peut établir expérimentalement que la couleur est le caractère le mieux choisi pour distinguer un objet de loin. Le système des signaux basé sur les couleurs est donc supérieur à tout autre.

4° *Élimination des viciés.* — Après ce que nous venons

de dire, il est évident qu'une seule réforme est vraiment pratique et efficace, à savoir d'éliminer les daltoniens du service des chemins de fer, ou tout au moins de les placer dans des postes où jamais ils n'auront à reconnaître les signaux. Un certain nombre de pays ont déjà introduit cette réforme sur les lignes ferrées ; nous citerons spécialement la Suède, la Norwège, le Danemark, la Hollande, certaines parties de l'Allemagne. En Belgique, la question est à l'étude, grâce à l'initiative de M. Janssens, membre du Comité d'administration des chemins de fer de l'État.

On s'étonnera peut-être de la lenteur avec laquelle on introduit cette réforme, dont l'importance et l'urgence ne peuvent être contestées. Mais, il faut le dire à la décharge des administrations, la question n'est pas aussi simple qu'elle le paraît. Deux difficultés viennent entraver toute tentative de réforme : d'abord le grand nombre de personnes qu'il s'agit d'examiner, ensuite l'existence de différents degrés d'anomalies du sens chromatique.

Inutile d'insister sur la première difficulté. Tout le monde connaît l'énorme extension qu'ont prise les voies ferrées dans plusieurs pays. Or il faut examiner chaque employé individuellement. Ces employés sont répartis sur tous les points du pays; on ne peut les distraire de leur poste pendant un certain temps. Et cependant il faut procéder avec un soin minutieux à cet examen ; car deux intérêts légitimes sont ici en présence : d'une part, l'intérêt personnel de l'ouvrier, qu'il ne faut pas frustrer injustement et inutilement d'une position acquise ; d'autre part l'intérêt général de la sécurité de l'exploitation, qui exige qu'aucun vicié n'échappe aux recherches. Il faut donc employer une méthode d'exploration assez rapide et qui cependant ne donne que des résultats absolument certains.

La seconde difficulté tient à la multiplicité des degrés de daltonisme qui peuvent se rencontrer. Nous avons vu, en effet, qu'il existe un grand nombre de nuances dans

cette anomalie, depuis la cécité totale des couleurs jusqu'à la simple faiblesse du sens chromatique. Il va sans dire que la cécité totale des couleurs et la cécité complète, soit pour le rouge, soit pour le vert, sont des raisons d'incompatibilité absolue avec le service des chemins de fer, tout au moins avec les fonctions où il faut reconnaître les signaux. Mais, dans les cas de cécité incomplète des couleurs, une décision est souvent beaucoup plus difficile et plus délicate. Il n'y a pas de doute que les degrés les plus prononcés de cette espèce de cécité rendent ceux qui en sont atteints impropres au service des chemins de fer. Mais jusqu'où faut-il descendre dans les degrés moindres pour frapper d'incapacité? C'est le point délicat de la question. Et jusqu'ici, il faut l'avouer, nous ne pouvons arriver qu'à une solution imparfaite.

Quoi qu'il en soit, on peut, dans l'exécution de la réforme dont je parle, établir une distinction entre les candidats au service et les employés déjà en fonctions. Pour les candidats au service, l'administration est en droit de réclamer qu'ils possèdent toutes les qualités qu'elle juge convenables et nécessaires pour assurer la sécurité de l'exploitation. Elle est donc en droit de refuser l'accès au service à tous ceux qui sont atteints d'une anomalie, si légère qu'elle soit, du sens chromatique. C'est une décision qui a déjà été prise pour les chemins de fer de l'État belge. Tout candidat au service doit être examiné par un médecin, et l'administration demande que celui-ci dirige spécialement son attention sur le point de savoir si l'examiné n'est pas atteint de daltonisme. Mais cette mesure offre une double lacune, en ce sens que l'administration ne spécifie pas la méthode qui doit être employée dans cette recherche, et qu'elle ne fixe pas le degré de cécité chromatique compatible avec l'admission du vicié.

La question est moins simple quand il s'agit de la mesure à prendre vis-à-vis d'employés déjà au service. On peut et on doit tenir compte de droits plus ou moins

acquis ; car on serait parfois obligé ou bien de priver un employé de toute perspective d'avancement, ou bien de le congédier d'un poste dont il avait peut-être jusque-là rempli les fonctions d'une manière irréprochable. Il est juste qu'on se montre moins sévère dans ce cas et qu'on tienne, jusqu'à un certain point, compte de l'intérêt privé, sans compromettre cependant la sécurité de l'exploitation. D'autre part, c'est ici surtout que se montre la difficulté de la réforme résultant du grand nombre de personnes à examiner. Il y a plusieurs milliers d'employés et ouvriers ; il faut les examiner soigneusement ; cet examen ne peut être fait par le premier venu ; car la décision à prendre est délicate et la responsabilité de l'examinateur est grande.

Cette réforme, toute difficile qu'elle soit, est cependant possible. Elle a été réalisée avec un succès presque complet dans la plupart des pays que j'ai cités tantôt. Je crois qu'elle est très réalisable en Belgique. J'ai rédigé un plan de réforme qui me paraît applicable à notre pays et que j'ai soumis à M. le Ministre des travaux publics dans le rapport que je lui ai adressé à la suite de mon voyage en Suède, Norwège et Danemark (1).

Ce que je viens de dire sur les difficultés de la réforme suffit pour démontrer l'importance d'une méthode exacte et sûre pour examiner le sens chromatique des intéressés. Or le nombre des méthodes qui ont été préconisées est assez grand ; mais toutes ne sont pas également bonnes ; toutes ne sont pas également applicables. J'ai donné ailleurs une appréciation de la plupart (2) de ces méthodes ; je veux me borner ici à en décrire quelques-unes :

A. *Méthode des laines colorées de M. Holmgren.* — Cette méthode, qui est incontestablement la plus parfaite de

(1) Voir mon rapport à M. le Ministre des travaux publics sur la réforme des employés de chemins de fer affectés de daltonisme en Suède, Norwège et Danemark (*Bulletin de l'Académ. de méd. de Belgique*, n° 2. 1878).

(2) Voir : Étude critique des différentes méthodes d'exploration du sens chromatique. (Même n° du *Bulletin de l'Acad. de méd. de Belg.*).

toutes au point de vue pratique, est basée sur la comparaison que le sujet examiné doit faire entre différentes couleurs.

Dans ce but, on se sert d'un choix de laines à broder de différentes couleurs ; chaque couleur est représentée par plusieurs nuances ; on prend surtout du rouge, de l'orangé, du jaune, du vert-jaune, du vert pur, du vert-bleu, du bleu, du violet, du pourpre, du rose, du brun et du gris.

L'examen se compose de deux épreuves : dans la première, on présente à l'examiné un échantillon de laine vert pâle et on l'engage à retirer de la collection tous les écheveaux lui paraissant de la même couleur que l'échantillon. S'il n'est pas vicié, il ne se trompera pas ; il ne prendra que des écheveaux verts plus ou moins foncés. S'il est vicié, il prendra, avec les écheveaux verts ou isolément, un ou plusieurs écheveaux correspondant aux couleurs de confusion, c'est-à-dire des gris, des jaunes, des roses, des orangés, des bruns, quelquefois des bleus.

La deuxième épreuve a pour but de diagnostiquer l'espèce de cécité de celui qui a succombé à la première épreuve. Ici l'échantillon qu'on présente à l'examiné est un écheveau pourpre. Ceux qui ne se trompent pas, c'est-à-dire, qui ne prennent que des écheveaux pourpres plus ou moins foncés ne sont qu'incomplètement viciés. Ceux qui font erreur sont atteints de cécité complète ; ils sont aveugles pour le rouge, s'ils ont pris des écheveaux bleus ou violets ; pour le vert, s'ils ont choisi des écheveaux verts ou gris.

Je tiens à ajouter que pour obtenir de cet examen des résultats absolument certains, il est indispensable d'observer certaines règles que je ne puis exposer ici (1).

(1) Voir le livre de M. Holmgren : De la cécité des couleurs dans ses rapports avec les chemins de fer et la marine. Paris, Masson, p. 124 ; et aussi, mon Étude critique sur les méthodes d'exploration, *Bulletin de l'Acad. royale de médecine de Belgique*. 1878, n. 2.

B. *Méthode de M. Donders, d'Utrecht.* — Cette méthode a recours à la lumière incidente, ou à la lumière transmise. Dans le premier cas, on emploie de petits disques de papier à fleurs, larges de 1, 2, 5 millimètres ou plus, que l'on colle chacun séparément sur un corps de velours noir. La faculté de distinguer les couleurs est en raison inverse de la quantité de lumière exigée pour que l'examiné reconnaisse et nomme les couleurs de ces disques, donc proportionnelle au carré de la distance à laquelle les couleurs sont distinguées, et inversement proportionnelle au carré du diamètre de l'objet coloré.

Pour la lumière transmise, M. Donders s'est servi d'une bougie placée derrière une ouverture dont on peut faire varier le diamètre et à laquelle on peut adapter des verres de diverses couleurs. Le pouvoir de distinction des couleurs est proportionnel au carré de la distance à laquelle l'œil voit le mieux la couleur de la flamme et inversement proportionnel au carré du diamètre de l'ouverture de l'écran.

Cette méthode, qui a le grand défaut d'être basée sur la dénomination des couleurs, est cependant la plus pratique pour apprécier les degrés les plus légers de daltonisme (1).

C. *Méthode du Dr Daae de Krageroe* (Norwège). — Cette méthode ingénieuse emploie un tableau, sur le canevas duquel sont brodées des laines colorées, disposées en dix rangées horizontales; chaque rangée étant formée de sept différentes couleurs ou nuances. Deux de ces rangées sont composées de laines de la même couleur, mais de nuances différentes, depuis les plus pâles jusqu'aux plus foncées. Toutes les autres rangées sont formées de laines de différentes couleurs. On présente le tableau à l'examiné, et on lui montre successivement chaque rangée horizontale, en l'interrogeant et lui demandant si la rangée lui paraît formée de laines d'une seule couleur ou de plusieurs couleurs.

(1) Donders. La détermination numérique du pouvoir de distinguer les couleurs. — *Annales d'oculistique*, 1878, 5e et 6e livraison, p. 275.

Ceux qui ne se trompent en aucune façon ont un sens chromatique normal. Ceux qui déclarent qu'aucune rangée n'est formée de laines de même couleur, pas même les deux indiquées tantôt, ont un sens chromatique faible. Enfin tous ceux qui ne voient qu'une seule couleur dans une ou plusieurs rangées diversement colorées, sont des daltoniens. Et le tableau est disposé de telle sorte qu'on peut apprécier le degré du daltonisme d'après le numéro des rangées déclarées comme uniformément colorées (1).

Cette méthode, quoique assez rationnelle, ne laisse cependant pas de présenter quelques difficultés pratiques qui en rendent parfois les résultats incertains.

D. *Méthodes périmétriques.* — Ces méthodes consistent à examiner le champ visuel des couleurs. On appelle champ visuel l'ensemble des points de l'espace que l'œil peut apercevoir pendant que le regard fixe un seul point. Or si on examine les différentes parties de ce champ visuel, on constate qu'il existe entre elles de grandes différences sous le rapport de la distinction des couleurs. Je parle ici de l'état normal. Cet examen se fait en fixant un certain point et, pendant que l'œil reste ainsi immobile, on passe lentement un objet coloré, tel qu'un morceau de papier de couleur, depuis la périphérie du champ visuel jusqu'au centre (point fixé) et *vice versa.* Or on observe qu'à l'état normal la surface paraît tout à fait incolore à la périphérie du champ visuel; puis vient une zone où l'on peut distinguer le jaune et le bleu, mais pas les autres couleurs; enfin la zone centrale donne lieu à toutes les sensations de couleurs. Si on examine le champ visuel des daltoniens, on y trouve des changements plus ou moins considérables dans les zones que nous venons de décrire. Au point de vue du daltonisme congénital, cette méthode n'a qu'un intérêt purement théorique. Mais dans le daltonisme acquis, soit

(1) Die Farbenblindheit und deren Erkennung, Nach Dr Daae, Uebersetzt von Dr Sänger. Mit Tabelle. Berlin, Hirschwald.

par suite d'atrophie du nerf optique, soit par abus d'alcool et de tabac, elle est très importante. M. le professeur Nuël croit même qu'elle est capable de faire reconnaître un daltonisme tout à son début, à une période où les autres explorations ne découvriraient rien.

Je m'arrête ici, sans citer d'autres méthodes telles que celles du Dr Stilling, les disques rotatifs de Maxwell, le chromatoschiamètre de M. Holmgren, la méthode spectroscopique de M. Magnus, etc... Le lecteur qui s'intéresserait à ces recherches trouvera des renseignements détaillés dans mon étude critique déjà citée.

Dr A. Mœller.

LÉON FOUCAULT,

SA VIE

ET SON ŒUVRE SCIENTIFIQUE (1)

IV

Moins d'une année après son expérience décisive sur les vitesses de la lumière dans l'air et dans l'eau, L. Foucault communiquait à l'Académie des sciences (le 3 février 1851) sa *Démonstration physique du mouvement de rotation de la terre au moyen du pendule.* Cette découverte, qui popularisa du jour au lendemain le nom de son auteur, nous ne possédons pas d'indication bien nette sur ce qui en fut l'occasion. On sait seulement que sa réalisation demanda bien des peines, et qu'elle réussit pour la première fois le 8 janvier 1851 à 2 heures du matin. L'expérience est aujourd'hui si connue de tout le monde, qu'il paraît superflu de la décrire en détail ; disons toutefois de quelle manière L. Foucault s'y prenait pour montrer sa liaison avec la rotation terrestre.

Il suppose d'abord l'observateur placé au pôle de la

(1) Voir la livraison précédente.

terre, et le point d'attache du pendule *à un seul fil* fixé en dehors du globe. Alors, sous l'action de la gravité, le pendule écarté de la verticale y reviendra par une série d'oscillations successives s'effectuant dans un plan fixe, car aucune force n'agit pour changer ce plan, et comme la terre tourne pendant ce temps au-dessous du pendule, le plan d'oscillation de celui-ci paraîtra tourner, relativement au globe, en sens contraire de la rotation terrestre ; par conséquent, dans le même sens que la sphère céleste.

Il est impossible de suspendre le pendule à un corps indépendant de la terre : on est bien obligé de prendre sur le globe lui-même le point d'attache, et dès lors il semble, à première vue, que par suite de cette solidarité le mouvement de la terre va se communiquer au plan d'oscillation du pendule, qui sera entraîné. Il n'en est rien, cependant, si le fil est bien rond, bien homogène, bien également flexible dans toutes les directions, et une expérience fort simple, indiquée par Foucault, peut nous rassurer à cet égard : « Installons sur une table, que l'on fera mouvoir à volonté, un petit pendule : une balle de plomb suspendue à un fil. La chambre où nous opérons sera pour nous l'univers ; le meuble représentera la terre. Le pendule, attaché à un support, fonctionnera au dessus d'un cercle traversé par différents diamètres dont le point d'intersection corresponde à la direction du pendule au repos. Le pendule, le support et le cercle forment un tout solidaire, un appareil complet, que nous plaçons d'abord au centre de la table. On saisit alors la balle de plomb, on l'écarte de sa position d'équilibre en suivant la direction d'un des diamètres du cercle, puis on l'abandonne à elle-même pour se mettre en observation. Qu'arrive-t-il alors? La chose du monde la plus simple et la plus évidente. Aussitôt devenu libre, le pendule s'élance vers le point du centre, le dépasse en vertu de sa vitesse acquise, y revient encore, passe et repasse jusqu'à l'expiration de son mouvement au-dessus de ce centre, en oscillant dans un plan invariable dans la direction du diamètre

suivant lequel a eu lieu l'écart primitif. Que l'on cherche à prendre ses points de repère en dehors de la table, sur les murs de la chambre, on conclura également à l'immobilité du plan d'oscillation. Mais si, tandis que le pendule fonctionne, on vient à faire tourner doucement, sans secousse, la table sur elle-même, quelles seront les relations du plan d'oscillation, soit avec les objets pris en dehors de ce meuble, soit avec les rayons du cercle divisé? Vous tous qui n'avez pas encore fait l'expérience, quelle serait votre réponse à pareille question? Ne vous semble-t-il pas, à première vue, que le plan d'oscillation, entraîné par le mouvement de la table, va changer de direction dans la chambre, en conservant la même position relative sur le cercle divisé? Erreur profonde! C'est justement tout le contraire qui arrive. Le plan d'oscillation n'est pas un objet matériel. Il n'appartient ni au support ni à la table ; il appartient à l'espace, à l'espace absolu. Le mouvement communiqué aux objets matériels qui environnent le pendule change leurs rapports avec son plan d'oscillation, d'où il résulte que la rotation de la table a simplement pour effet de faire passer successivement les différents diamètres du cercle divisé sous le plan d'oscillation, qui demeure invariable. »

Ainsi, dans ces nouvelles conditions, la déviation apparente du plan d'oscillation du pendule, suspendu à un point du globe terrestre placé au-dessus du pôle, se produirait encore et manifesterait toujours la rotation réelle de la terre.

Si l'on transporte en un lieu plus ou moins éloigné du pôle, comme on est bien obligé de le faire, le théâtre de l'expérience, le phénomène se complique, parce que la verticale du point de suspension, par laquelle le pendule doit passer et repasser à chaque oscillation, et qui tout à l'heure était immobile en direction puisqu'elle se confondait avec l'axe de rotation de la terre, sera maintenant une droite mobile, décrivant un cône dans l'espace et entraînant avec elle le plan d'oscillation du pendule. Toutefois, suivant une

remarque de Foucault, confirmée et complétée depuis par des raisons plus rigoureuses, le plan d'oscillation ne cède que le *moins possible* à cet entraînement de la verticale ; de toutes les positions qu'il peut prendre en satisfaisant à cette condition de passer par la verticale mobile, il choisit celle qui l'écarte le moins de sa direction première, et la conséquence de cette loi est celle-ci : la déviation du plan d'oscillation qui, au pôle, égale en valeur la rotation même de la terre, sera, sous une latitude quelconque, égale à cette rotation multipliée par le *sinus* de la latitude. La déviation apparente diminue donc constamment du pôle à l'équateur, où elle est nulle. Dans l'autre hémisphère, elle reparaît, mais elle a changé de sens.

Une lettre curieuse, retrouvée dans les papiers de Foucault et dont le destinataire est inconnu, nous apprend comment Foucault est arrivé à cette loi du sinus, que l'on a depuis lors démontrée souvent et de bien des manières. C'est, en réalité, pour lui, une simple induction, une de ces vues de l'esprit par lesquelles il suppléa tant de fois aux méthodes rigoureuses de la mécanique qu'il n'avait pas suffisamment étudiées.

Ainsi, la fixité relative du plan d'oscillation du pendule fournit au physicien un plan de repère, dont le déplacement apparent par rapport aux objets qui l'entourent décèle le déplacement réel du globe terrestre ; et, suivant une belle comparaison de Foucault : « De même que, en pleine mer, à perte de vue du rivage, le pilote, les yeux fixés sur le compas, prend connaissance des changements de direction accidentellement imprimés au navire ; de même l'habitant de la terre peut se créer, au moyen du pendule, une sorte de boussole arbitrairement orientée dans l'espace absolu, et dont le mouvement apparent lui révèle le mouvement réel du globe qui le supporte. Quand l'aiguille aimantée, qui ne cesse de viser vers le nord, a l'air de tourner dans un sens ou dans l'autre, on en conclut que c'est le navire qui vire de bord en sens opposé. »

L'expérience du pendule fut réalisée quatre fois par Foucault dans des circonstances remarquables. La première, celle qui conduisit à la découverte elle-même, eut lieu dans une cave de deux mètres de haut, à la voûte de laquelle était fixée une pièce de fonte portant une plaque d'acier. A travers cette plaque passait le fil de suspension, fil d'acier de $\frac{6}{10}$ à $\frac{11}{10}$ de millimètre de diamètre, qui portait une sphère en laiton du poids de 5 kilogrammes. Après avoir bien affranchi le fil de toute torsion, on écartait le pendule de la verticale et on le soutenait par une anse de fil organique, que l'on brûlait lorsque le pendule était arrivé à une immobilité complète ; le tout dans le but d'éviter toute impulsion étrangère à l'action de la pesanteur. Le pendule commençait alors à osciller de part et d'autre de la verticale, et la pointe qui garnissait inférieurement la masse pendulaire et qui semblait prolonger le fil, marquait, par ses changements de position relativement à des lignes croisées sur le sol, la déviation du plan, qui avait lieu dans le sens indiqué par la théorie.

Il était difficile de vérifier la loi du sinus dans des conditions aussi défavorables ; mais Arago ouvrit à Léon Foucault les portes de l'Observatoire, et là, sous une coupole qui permettait de donner au fil suspenseur un développement de 11 mètres, on put constater l'exactitude de la loi trouvée par Foucault.

Peu de temps après, l'expérience fut réalisée de nouveau dans des conditions d'ampleur exceptionnelles. Napoléon III voulut que la coupole du Panthéon, dont l'élévation se prêtait admirablement à cette expérience, fût mise à la disposition du savant. Au sommet de la coupole se trouvait une ouverture circulaire d'un mètre et demi de diamètre, sur laquelle on jeta un *pont* en bois de chêne. On y fixa inébranlablement les pièces métalliques auxquelles était suspendue la tige du pendule, fil d'acier de 67 mètres de long et de 14/10 de millimètre de diamètre, bien martelé et écroui de façon à n'offrir aucune

tendance à se mouvoir dans un plan plutôt que dans un autre. La boule du pendule, masse de plomb coulée dans une enveloppe de laiton, pesait 28 kilogrammes, et donna au fil un allongement permanent de 5 à 6 centimètres. Au-dessous du pendule se trouvait une table circulaire sur laquelle on avait tracé des diamètres de 5 en 5 degrés pour observer la déviation.

Ainsi monté, le pendule du Panthéon exécuta des oscillations lentes et d'une grande amplitude, dont la durée était de 16 secondes pour l'oscillation totale. La déviation était tellement sensible qu'on pouvait l'apprécier entre deux oscillations consécutives, car elle se montait à 2^{mm}, 3 sur un grand cercle de 6 1/2 mètres de diamètre qui marquait la limite des excursions du pendule. La latitude du Panthéon étant de 48° 50′ 49″ et la longueur du pendule à secondes en ce point de 0^{m},9938267, la déviation apparente du plan d'oscillation en un jour *sidéral* devait être, d'après la loi du sinus, de 271° 3′ 48″, 8, et en une heure sidérale de 11°17′ 39″, 5. Enfin, cette déviation, pendant la durée d'une oscillation complète du pendule, se montait à 1′ 33″.

Le succès de cette brillante expérience rappela l'attention des géomètres et des physiciens sur les lois du mouvement *relatif* ou *apparent*, lois déjà bien étudiées par Coriolis et Poisson, et dont l'application régulière aurait dû suggérer l'idée de la déviation du pendule. Celle-ci se rattache, en effet, à l'existence d'une force apparente qui agit sur tous les corps en mouvement à la surface de la terre, et qui, dans notre hémisphère, tend à dévier vers la droite la direction de ce mouvement. L'existence de cette *réaction centrifuge composée*, comme on l'appelle, avait été constatée dans la chute des corps qui tombent d'une hauteur considérable ; elle avait été signalée par Poisson dans le mouvement rapide des projectiles de guerre où elle produit une déviation sensible, mais le même savant avait cru reconnaître « qu'elle est trop petite pour écarter sen-

siblement le pendule de son plan et avoir aucune influence appréciable dans son mouvement. » On rechercha aussi, avec plus de jalousie peut-être que de zèle d'érudition, si rien de semblable à l'expérience de Foucault n'avait été fait auparavant, et l'on parvint à retrouver dans les procès-verbaux de l'Académie *del Cimento*, où tant d'expériences sur le pendule avaient eu lieu au XVIIe siècle, cette phrase de Viviani : « Nous avons observé que tous les pendules à un seul fil dévient de leur plan vertical primitif et toujours dans le même sens (1). » M. J. Bertrand, dans sa notice sur les travaux de Foucault que la *Revue des deux mondes* a publiée en 1864, suppose que les académiciens de Florence avaient bien soupçonné la vraie cause du phénomène, mais qu'ils n'en avaient rien dit par peur du Saint-Office. Cette assertion me semble fort risquée. Comme Foucault l'a judicieusement remarqué lui-même, « si l'expérience nouvelle paraît aujourd'hui concluante, décisive, on doit en savoir gré au progrès du temps. Entre les mains de Copernic, de Galilée, cette expérience n'eût été qu'un embarras de plus, par la difficulté qu'il y aurait eu alors à saisir le lien qui, pour nous, plus avancés en mécanique, la rattache au mouvement de la terre (2). » L'imperfection des connaissances en dynamique était telle, à l'époque où écrivait Viviani, qu'il était effectivement impossible de deviner l'existence et l'influence de la réaction centrifuge composée dans un cas aussi complexe que celui du pendule ; et d'ailleurs, si les savants florentins avaient pu saisir la portée de leur observation, ils n'auraient pas manqué, même en se taisant sur l'explication, de donner la plus grande publicité au fait lui-même.

En dehors du monde savant, l'expérience du pendule eut aussi un grand retentissement, et Foucault fut accablé de

(1) *Osservammo che tutti i penduli da un sol filo deviano dal primo verticale e sempre per il medesimo verso.*

(2) J'ai développé la même idée dans la *Revue*, N° de juillet 1877, p. 180.

félicitations, de questions, de lettres destinées à confirmer ou à combattre sa découverte ; une personne alla même jusqu'à lui écrire : « Je serais désireux d'avoir une de vos pendules marchant par le mouvement de la terre. Où pourrais-je me la procurer ? Je vous serais très reconnaissant de vouloir bien me l'indiquer. »

J'ai indiqué plus haut quatre circonstances notables dans lesquelles Foucault fit fonctionner son appareil. La dernière se rapporte à l'Exposition universelle de 1855. Dans un des pavillons du palais de l'Industrie, l'expérience de la déviation du plan d'oscillation était répétée sous les yeux de nombreux étrangers ; mais sa durée étant limitée par la diminution de l'amplitude des oscillations du pendule, afin de s'éviter la peine de remettre celui-ci en mouvement à des époques trop rapprochées, Foucault imagina une disposition ingénieuse décrite par de La Rive dans son *Traité d'électricité*, et qui, sans influer aucunement sur la direction du plan d'oscillation, avait pour but et pour effet d'entretenir indéfiniment le mouvement oscillatoire. Cet appareil, fondé sur les propriétés des électro-aimants, augmentait l'action de la pesanteur sur la boule du pendule pendant la descente, et cessait d'agir aussitôt que la boule, ayant dépassé la verticale du point de suspension, s'élevait de l'autre côté pour achever l'oscillation.

Pour réaliser cette idée, la sphère formant pendule contenait un cylindre de fer doux, dont l'axe était le prolongement du fil suspenseur. Dans la verticale du point d'attache, au-dessous du pendule, étaient placés deux électro-aimants. L'un d'eux, le plus élevé, reposait sur un ressort qui tendait toujours à le tenir soulevé ; en s'abaissant par son poids, cet électro-aimant agissait sur une pièce qui fermait le circuit du deuxième électro-aimant placé au-dessous, et celui-ci, devenu actif, attirait un levier qui, à son tour, fermait le circuit de l'aimant supérieur et lui donnait la propriété d'attirer le cylindre de fer doux et d'accélérer ainsi le mouvement de descente du pendule. Mais le cylindre, de son

côté, attirait alors l'aimant supérieur, et l'action des diverses pièces était calculée de manière à ce que, à l'instant où la boule passait au plus près de l'aimant, son attraction jointe à la force du ressort soulevât légèrement celui-ci. Cela suffisait pour rompre instantanément le circuit du deuxième électro-aimant qui, devenu inactif, ouvrait le circuit du premier et faisait disparaître son action attractive sur la boule du pendule. Celui-ci, pendant sa période ascensionnelle, ne recevait donc aucune impulsion de la part du système électrique. En même temps, l'électro-aimant supérieur, n'étant plus attiré par la boule, retombait en comprimant le ressort et rétablissait de nouveau le circuit, mais son mouvement de descente était réglé par un volant de façon à ne fermer le circuit qu'au moment où la boule s'approchait de nouveau de la verticale en descendant (1).

La possibilité de réaliser l'expérience du pendule repose, comme on l'a vu plus haut, sur la propriété que possède un fil métallique homogène de se plier avec une égale facilité dans toutes les directions et de conserver son plan d'oscillation, lors même que son extrémité est forcée de tourner. L'étude de cette propriété fait l'objet d'une note très curieuse intitulée *Sur l'expérience de la verge vibrante* (2), lue à la *Société Philomathique* le 2 août 1851. Foucault y expose les lois du mouvement vibratoire d'une tige métallique ronde et bien homogène, implantée suivant le prolongement de l'axe d'un tour, et entraînée par la rotation du tour dans un mouvement gyratoire sur elle-même. Lorsque le tour est au repos, si l'on imprime à la tige une vibration transversale, on s'aperçoit que, généralement, l'oscillation de la tige cesse rapidement de se faire dans un

(1) Deux descriptions de cet appareil se trouvent dans les œuvres de Foucault, l'une (p. 388), d'après M. de La Rive, l'autre plus détaillée, (p. 572), se rapportant à une figure dans le texte et aux planches IX et X de l'atlas.

(2) *Recueil*, etc., p. 392.

plan pour devenir elliptique, puis circulaire, puis elliptique, et ainsi de suite, en repassant par les mêmes états en sens inverse : l'axe de l'ellipse décrite par l'extrémité libre de la tige se déplace constamment d'un mouvement périodique. Il n'existe dans la tige que deux plans passant par l'axe, à angle droit l'un sur l'autre, suivant lesquels la vibration imprimée se conserve plane indéfiniment.

Ces différents phénomènes, dont Foucault décrit les lois avec beaucoup de détail, sont faciles à observer au moyen d'un bouton brillant fixé à l'extrémité de la tige et donnant un point lumineux par réflexion.

Mais si l'on met le tour en rotation, en sorte que le point d'insertion de la tige vibrante tourne rapidement sur lui-même, le phénomène change complètement de face, et cela d'autant mieux que la rotation est plus rapide. Car si, pendant la rotation du tour, on imprime à la tige une vibration transversale, on remarque que cette vibration persiste maintenant dans le même plan, quelle que soit d'ailleurs la direction première dans laquelle la tige a été lancée. Le mouvement rotatoire a pour effet de communiquer à toutes les sections par l'axe de la tige la propriété qui n'appartenait tout à l'heure qu'à deux d'entre elles. Et ce qui n'est pas moins curieux, cette persistance des oscillations planes appartient à des vibrations de forme quelconque :

« On met la tige en vibration tandis que l'arbre est au repos, mais on se tient tout prêt à le faire marcher à un moment donné. Suivant ce qui a été dit précédemment, la figure visible de la tige vibrante suit le cours ordinaire de ses évolutions, à moins qu'on n'ait agi par hasard dans un plan de vibration stable, ce qui est toujours plus facile à éviter qu'à rechercher ; or, tandis que cette figure va toujours changeant de forme entre deux limites extrêmes, on peut à un moment quelconque mettre le tour en marche ; aussitôt l'on voit persister l'espèce de vibration qui a été surprise par le mouvement du tour. Du moment où l'arbre se met à rouler sur ses coussinets, la vibration, quelle qu'elle

soit, plane, circulaire ou elliptique, tournant à droite ou à gauche, se trouve subitement affranchie de l'influence qui lui imprime une série de métamorphoses pendant la fixité du support. Arrêtez le tour, les déformations reparaissent. Mettez-le de nouveau en mouvement, la vibration est fixée de nouveau dans une forme et une direction qui n'ont aucun rapport avec les précédentes. Quand on veut fixer l'oscillation circulaire, il faut.... lancer la verge dans un plan oblique à 45° sur les plans de vibration stable ; dans ce cas particulier les déformations successives de la figure du mouvement vibratoire amènent forcément le cercle, que l'on rend permanent en mettant le tour en marche au moment même où le cercle apparaît. »

Ainsi, résultat bien inattendu et presque paradoxal, le mouvement gyratoire du point d'attache du pendule, qui nous inspirait tout à l'heure des craintes pour la réussite de cette expérience, est en quelque sorte une condition de plus pour le bon succès de celle-ci, et, comme le dit Foucault à la fin de cette intéressante notice, « la rotation du point de suspension, loin de porter obstacle à l'expérience du pendule, pourrait dans le cas échéant offrir une dernière ressource pour lutter victorieusement contre les influences perturbatrices d'un fil réagissant par défaut de symétrie ou d'homogénéité

A peine Foucault avait-il découvert ce moyen ingénieux de rendre palpable, en quelque sorte, pour tous, l'existence de la rotation du globe, qu'il en imaginait un second, bien plus fécond encore dans ses conséquences, pour atteindre le même but. L'entraînement du plan d'oscillation du pendule libre, par la verticale du lieu d'observation, compliquant le phénomène, devenait pour certains esprits une occasion de doute : Foucault chercha à dégager de cette influence perturbatrice le phénomène sensible où devait se peindre, pour ainsi dire, le mouvement de la terre. Il en trouva le moyen dans la rotation très rapide imprimée à un corps lourd, mobile autour de son axe de

symétrie et suspendu librement par son centre de gravité.

Le 27 septembre 1852, après huit mois de méditations et d'efforts, Léon Foucault présentait à l'Académie des sciences (1) un instrument construit par Froment avec une précision et une délicatesse merveilleuses, le *Gyroscope*. Un disque de bronze renflé sur son bord, monté sur un axe d'acier dont les pointes s'appuient sur un anneau métallique et y pivotent avec une extrême facilité ; ce cercle lui-même reposant par deux couteaux d'acier sur des plans durs, enchâssés dans un deuxième anneau qui est vertical, suspendu à un fil sans torsion et appuyé sur un pivot ; tel est l'appareil. Par cette combinaison, en même temps que le disque tourne autour de son axe, celui-ci s'oriente librement dans toutes les directions de l'espace, et, grâce à de petites vis formant contrepoids, le centre de gravité de tout l'appareil est amené en coïncidence rigoureuse avec le point fixe où s'entrecoupent tous les axes de rotation. Toutes ces pièces sont montées avec tant de liberté, que le plus léger souffle met en mouvement les diverses parties de cet admirable instrument. Mais cet état d'équilibre indifférent cesse dès que, à l'aide d'un système de roues dentées engrenant avec un pignon monté sur l'axe du disque, on a communiqué à celui-ci une vitesse de rotation prodigieusement intense, et qu'on a replacé le cercle qui le porte sur ses couteaux de suspension. Aussitôt, tout le système se consolide avec une incroyable énergie ; il faut un effort véritable pour détourner l'axe du disque de sa direction, et celle-ci est devenue, en quelque sorte, indépendante du mouvement de la terre et soustraite à son influence. Si l'axe était d'abord pointé vers une étoile donnée dans le ciel, il continuera à viser cette étoile aussi longtemps que la rotation du disque sera suffisamment rapide ; il prendra donc par rapport

(1) *Mémoire sur le mouvement de la terre démontré par la rotation d'un corps. — Sur les phénomènes d'orientation des corps tournants entraînés par un axe fixe à la surface de la terre (Comptes rendus*, 27 sept. 1852; *Recueil*, etc., pp. 401 et 406*)*.

aux corps environnants un mouvement apparent semblable à celui d'une lunette parallactique. C'est ce que l'observation faite au microscope montre immédiatement ; mais le moyen employé par Foucault pour constater ce déplacement apparent est plus commode : il consiste à suivre à la lunette, non pas le mouvement même de l'axe, mais celui de l'anneau extérieur du gyroscope autour de son fil de suspension.

Les expériences du gyroscope comportent une forme plus décisive encore, indiquée par Foucault dans cette même séance de l'Académie. Au lieu de laisser l'axe du disque libre de se diriger dans tous les sens, on fixe les couteaux à l'anneau extérieur de manière à obliger cet axe à rester dans un plan horizontal ; ou bien, amenant l'anneau extérieur perpendiculairement au plan du méridien, on ne laisse à l'axe du disque que la liberté de se mouvoir dans ce plan. Alors se produisent des phénomènes d'orientation bien inattendus, qui rappellent ceux de l'*aiguille aimantée* et qui révèlent à leur tour la rotation du globe terrestre. Dans le premier cas, en effet, l'axe du gyroscope oscille dans le plan de l'horizon de part et d'autre du méridien, comme un pendule par rapport à la verticale ; il n'est en repos apparent que dans le méridien lui-même, encore cet équilibre n'est-il stable que si la rotation du disque et celle de la terre se font dans le même sens. Dans le second cas, l'axe du gyroscope exécute des oscillations de part et d'autre de la direction parallèle à l'axe du monde, direction qui est encore, dans ce cas-ci, sa situation d'équilibre final. Ainsi ces belles expériences, qui exigent d'ailleurs pour leur réussite un appareil admirablement construit, outre qu'elles fournissent de nouveaux signes sensibles de la rotation de la terre, donneraient au physicien le moyen de déterminer le méridien du lieu qu'il occupe et la direction de l'étoile polaire, la latitude par conséquent, sans qu'il ait même besoin d'avoir la vue du ciel.

Il ne paraît pas contestable que d'autres savants, à la

même époque que Foucault et indépendamment de lui, aient été amenés à concevoir la relation qui existe entre la rotation de la terre et l'orientation des corps tournant rapidement à sa surface. Je citerai, entre autres, Lamarle dont M. De Tilly rappelait récemment encore les titres, et M. George Sire, auquel on doit de si belles et si ingénieuses applications du principe de la tendance au parallélisme des axes (1). Mais Léon Foucault a été le premier, et le seul peut-être, à *réaliser* véritablement le phénomène de cette orientation sous l'influence de la rotation du globe.

En signalant au monde savant ces merveilleuses expériences, Foucault formulait la loi mécanique qui les domine à peu près toutes et qui peut servir de guide, non seulement dans la coordination de phénomènes connus depuis longtemps, mais dans la recherche d'autres expériences bien curieuses sur les corps tournants. Cette loi de la *tendance des axes de rotation au parallélisme*, on peut l'énoncer ainsi : « Quand un corps tourne autour d'un axe de symétrie avec une grande vitesse, si une force agit sur cet axe pour changer sa direction, ou, en d'autres termes, pour faire tourner le corps autour d'une droite différente de la première, cette nouvelle rotation n'a pas lieu ; le seul effet que l'on observe est un déplacement de l'axe de symétrie vers l'axe de la rotation que la force tend à produire, comme si les deux rotations tendaient à se faire autour du même axe *et dans le même sens*. » C'est ainsi que dans la toupie ordinaire, la pesanteur, agissant sur le centre de gravité, au lieu de renverser l'axe de la toupie sur le sol comme cela se ferait si la toupie ne tournait pas, lui donne simplement un mouvement conique autour de la verticale qui passe par son point d'appui. C'est ainsi encore qu'en for-

(1) Le lecteur me permettra de renvoyer sur ce point à mon *Étude historique sur la rotation autour d'un point fixe*, publiée dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, t. II.

mulant cette loi, « peu conforme aux règles de l'étiquette mathématique » disait-il, Foucault signalait cette autre expérience, devenue le principe d'un jouet connu de tout le monde : Suspendez l'anneau dans lequel tourne le gyroscope, par un fil attaché en un point pris sur le prolongement de l'axe ; placez celui-ci horizontalement, abandonnez-le à lui-même. Si le disque est en rotation rapide, malgré la pesanteur qui tend à abaisser l'axe et à le placer dans la verticale de suspension, l'axe reste sensiblement horizontal ; la pesanteur paraît supprimée. Seulement, tout le système se met à tourner autour de la verticale formée par le fil, et cela dans un sens ou dans l'autre selon le sens dans lequel s'opère la rotation du disque.

Dans ses ingénieuses recherches sur le gyroscope, Foucault paraît avoir été guidé plutôt par un merveilleux instinct des vérités mécaniques que par des déductions rigoureusement scientifiques. Du moins, non seulement il n'a pas abordé par l'analyse mathématique ces questions difficiles, ce qu'il eût été injuste de lui demander, mais le peu qu'il a écrit pour raisonner son principe de la tendance des rotations au parallélisme semble indiquer qu'il le comprenait imparfaitement. Ainsi, lorsque, dans sa première communication à l'Académie, il compose le couple d'impulsion du corps tournant avec celui du globe terrestre ; lorsqu'il assure, dans une lettre au *Journal des Débats*, que les phénomènes d'orientation « résultent à toute évidence de l'admirable théorie de la composition des couples telle que l'a créée M. Poinsot, » je ne vois là que des indications vagues qui cachent peut-être un paralogisme, comme il s'en est tant débité sur cette question de la rotation des corps. Lorsque, dans cette même lettre, Foucault attribue la fixité en direction de l'axe du gyroscope, dans le cas où il est entièrement libre, à l'inertie, à ce que « cet axe ne peut se désorienter tout seul, » il oublie que la rotation première imprimée au disque, rapportée à l'espace *absolu*

et non à la terre, n'a pas lieu exactement autour de son axe de figure, par la raison qu'au moment où le disque a reçu cette énergique impulsion, il était encore lié au globe terrestre et participait nécessairement à la rotation diurne. Aussi, en toute rigueur, l'axe du gyroscope ne reste pas fixé vers l'étoile qu'il visait au premier instant; il est animé d'un tremblement imperceptible, d'autant plus difficile à observer que la rotation initiale était plus intense, mais qu'il faut cependant expliquer. Confondre le principe du parallélisme avec la règle cinématique de la composition des rotations, comme l'ont fait plusieurs savants, n'est pas une moindre erreur. Enfin dire, comme l'illustre avocat de Foucault à l'Académie (1) : « Pour changer la direction de l'axe, il faut changer celle de toutes les vitesses qui animent les différents points ; l'effort nécessaire grandit avec ces vitesses, et l'on peut faire en sorte que, dans l'expérience du gyroscope, les frottements qui restent les mêmes n'aient plus la puissance de le développer ; » — dire cela, ce n'est guère éclaircir la question. Supposons, en effet, qu'au lieu de donner la mobilité aux deux anneaux, de laisser la liberté à l'axe du disque de prendre toute direction dans l'espace, nous rendions les deux anneaux solidaires l'un de l'autre : quelque rapide que soit la rotation du disque, le plus léger effort suffira pour déplacer son axe et faire pivoter tout le système autour de la verticale.

En réalité, comme je l'ai dit ailleurs (2), l'explication, même élémentaire, des phénomènes qui se manifestent dans le gyroscope et dans la toupie, exige une analyse plus intime des forces qui concourent à leur production, et repose sur les réactions qui se développent spontanément dans un corps en rotation rapide, lorsqu'une cause quelconque tend à lui imprimer une rotation autour d'un nouvel

(1) M. J. Bertrand, dans un article de la *Revue des deux mondes*, en 1854. V. *Rec.*, p. XVIII.

(2) *Étude historique*, etc., p. 56.

axe : c'est M. Hirn, si je ne me trompe, qui l'a formuleé nettement le premier (1). La règle de la *tendance des axes au parallélisme* n'est elle-même qu'une formule approchée, s'appliquant exclusivement au cas où la rotation primitive du corps est incomparablement plus intense que celle dont une cause perturbatrice tend à l'animer (2).

Quoi qu'il en soit, nous signalerons dans les *Œuvres* de Léon Foucault, avec d'excellents dessins donnant tous les détails de construction du gyroscope, des instructions précises et intéressantes, rédigées par Foucault lui-même, sur sur la manière de répéter ses mémorables expériences.

On y rencontre aussi quelques pages *inédites* sur ce sujet qui a tant occupé l'illustre inventeur (3) ; elles se rapportent à l'influence que la rotation de la terre exerce sur la position d'équilibre de la toupie ordinaire, s'appuyant par sa pointe sur un plan horizontal. Cette pointe étant, je suppose, immobile, on sait qu'il y a une seule position dans laquelle l'axe de la toupie conserve une direction invariable : c'est la position verticale. Mais cela n'est exact que si l'on fait abstraction de la rotation de la terre ; par une voie qu'il n'indique point, Foucault avait trouvé que, quand on tient compte de cette rotation, la position d'équilibre de l'axe de la toupie tournante correspond à une direction légèrement inclinée par rapport à la verticale, dans le plan du méridien, vers le midi ou vers le nord, suivant le sens dans lequel la toupie tourne sur elle-même.

« Il est impossible, dit Foucault, de donner la valeur de

(1) V. mon *Étude* citée plus haut.

(2) Ainsi, lorsqu'on néglige le carré de la vitesse de rotation de la terre, on trouve que la loi du balancement de l'axe du gyroscope retenu dans le plan horizontal est celle des oscillations du pendule ordinaire. Dans des recherches lues en partie au Congrès de Paris de l'*Association française*, j'ai montré que, rigoureusement, l'axe se meut comme un pendule dont le plan d'oscillation tournerait autour de la verticale avec une vitesse constante. Il en résulte que, si la rotation de la terre était beaucoup plus rapide, l'axe du gyroscope pourrait bien osciller *en restant toujours du même côté du plan du méridien.*

(3) *Influence du mouvement de la terre sur la toupie*, p. 410.

cet angle qui mesure l'inclinaison de la toupie en mouvement, attendu que cet angle varie avec la forme, la masse et la vitesse de rotation de l'appareil. Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'il augmente avec la rapidité du mouvement, avec le moment d'inertie du système et avec l'abaissement de son centre de gravité au-dessous du point d'appui (1). » Formant donc une sorte de *toton* avec une glace circulaire percée à son centre par un axe à pointe d'acier, imprimant une rotation rapide à cette toupie et observant par réflexion une mire éloignée, tantôt sur la glace, tantôt sur un bain de mercure, Foucault a constaté dans la toupie en équilibre une légère inclinaison de l'axe par rapport à la verticale. Il remarque ensuite que, comme conséquence de cette inclinaison, le toton doit prendre un mouvement de translation perpendiculaire au plan du méridien, ce que l'observation a effectivement confirmé. Les chiffres sont restés *en blanc* dans le manuscrit, ce qui fait supposer que les expériences n'ont pas été entièrement achevées.

V

L'activité du génie de Léon Foucault se prenait tour à tour aux diverses branches de la physique et de la méca-

(1) Il est facile, au contraire, de résoudre ce problème par les méthodes générales dont j'ai cité plus haut un résultat, même en tenant compte du carré de la rotation terrestre. J'ai trouvé ainsi qu'il peut exister *quatre* positions d'équilibre de l'axe dans le plan du méridien, et leur détermination se ramène élégamment à la solution d'un problème de géométrie bien connu. Lorsqu'on néglige le carré ω^2 de la rotation de la terre, il n'y a plus qu'une direction d'équilibre pour l'axe de la toupie, et l'angle ζ dont Foucault dit *qu'il est impossible d'assigner la valeur* est donné par la formule

$$\zeta = \frac{C\,n\,\omega \cos L}{M\,g\,l};$$

M est la masse, C le moment d'inertie de la toupie par rapport à son axe, n la vitesse de rotation primitive, L la latitude du lieu, g la pesanteur, l la distance du centre de gravité au point d'appui. Cette théorie donne lieu à des conclusions intéressantes, que j'ai communiquées en partie à la *Société scientifique de Bruxelles* (Session de janvier 1879).

nique. De 1850 à 1858, elle se porta fréquemment sur les phénomènes et les appareils de l'électricité, et là comme partout, elle laissa dans la science des traces qui ne s'effaceront pas de longtemps.

Le problème de la régularisation et de la fixation de la lumière électrique occupa Foucault à diverses reprises. On sait combien ce problème était alors ingrat aux physiciens : les cônes de charbon entre lesquels, sous l'influence du courant, jaillit cette lumière incomparable, se consumaient assez rapidement et provoquaient dans le passage du courant des variations irrégulières, et par suite, dans l'intensité de la lumière, des alternatives insupportables ; de plus, ils se consumaient inégalement, le charbon qui répond au pôle positif étant le plus rapidement attaqué, ce qui avait encore l'inconvénient de déplacer le foyer étincelant. Déjà, à l'époque où il préparait les expériences de projection du Dr Donné, Foucault avait cherché un remède à ces inconvénients. Il avait présenté à l'Académie, en 1844, conjointement avec M. Donné, un microscope éclairé par l'électricité, dont la science avait su tirer bon parti. La substitution, aux cônes de charbon, de baguettes taillées dans le graphite compacte que l'on retire des cornues à gaz, ralentissait la combustion des pointes ; une disposition commode permettait à l'opérateur de régler à la main le rapprochement de ces pointes à mesure qu'elles s'usaient, et de maintenir ainsi la lumière dans un état plus ou moins stable. C'était déjà un progrès sensible ; mais ce réglage à la main occasionnait encore bien des ennuis, et Foucault n'eut de repos que lorsqu'il eut astreint la lampe photo-électrique à se régler elle-même, sans le concours de l'expérimentateur. En 1849, en même temps que Staite en Angleterre, il trouva la solution satisfaisante de ce difficile problème (1).

(1) *Appareil destiné à rendre constante la lumière émanant d'un charbon placé entre les deux pôles d'une pile* (*Comptes rendus*, 15 janvier 1849; *Recueil* p. 312).

L'appareil se compose, à sa partie supérieure, d'une caisse fermée, reposant sur quatre pieds entre lesquels vient se loger la portion inférieure du système. Les deux cônes taillés dans le graphite des cornues sont portés et amenés en face l'un de l'autre par deux chariots, mobiles sur des glissières horizontales qui les maintiennent dans la bonne direction ; le mécanisme moteur est disposé de telle sorte que ces deux chariots, soit qu'ils se rapprochent, soit qu'ils s'éloignent l'un de l'autre, se meuvent toujours ensemble, mais *avec des vitesses inégales*, de façon à compenser l'usure plus rapide du charbon positif et à maintenir le foyer brillant en place. Les chariots sont mis en mouvement par l'élasticité de deux ressorts qui servent en même temps de conducteurs au courant galvanique, mais ils sont empêchés de céder à cette pression par un système de fils qui les relie à un mouvement d'horlogerie dont la roue d'échappement, lorsqu'elle vient buter contre un arrêt fixe, fait obstacle complet au déplacement des chariots. Le même courant qui développe la lumière électrique entre les charbons, traverse les spires d'un électro-aimant dont l'énergie, par conséquent, est en relation constante avec l'intensité de ce courant et, par suite, de la lumière même que l'on veut régler. Une armature de fer doux est sollicitée dans un sens par l'électro-aimant, en sens contraire par un ressort à boudin, en sorte que cette pièce de fer, suivant l'activité du courant, cède à l'action de l'électro-aimant et tout le système est maintenu en repos, ou subit l'action du ressort et, dans ce cas, écarte la détente qui s'oppose à la marche du mouvement d'horlogerie. Ainsi, on le voit, dès que la distance des charbons augmente par leur combustion, le courant s'affaiblissant, le ressort à boudin l'emporte sur l'électro-aimant et attire à lui l'armature, la détente s'écarte, le rouage défile et permet aux ressorts de rapprocher les chariots. Mais dès que les pointes de graphite sont assez voisines pour que la lumière ait repris son éclat normal, le courant renforcé restitue à l'électro-aimant sa prépondé-

rance ; l'armature ramenée remet la détente en place et le rouage au repos ; les cônes de charbon redeviennent immobiles. Il y a donc réglage de la lumière par le courant lui-même ; réglage intermittent à la vérité, mais si l'appareil est bien monté, les périodes d'avance et de recul s'y succèdent avec une telle rapidité que le mouvement de progression est comme continu.

Le régulateur de lumière électrique de Foucault avait fait ses preuves, il était adopté dans les expériences de projection et dans les décorations de théâtre, lorsque, environ dix ans après, l'infatigable inventeur reprit cet appareil et y apporta d'heureux perfectionnements (1). Le premier consistait dans l'emploi de deux rouages distincts et indépendants produisant, l'un l'avance, l'autre le recul des charbons, et reliés l'un à l'autre par un système à roue satellite qui les faisait agir isolément et dans leurs sens respectifs. Ces deux rouages étaient d'ailleurs commandés par une même détente soumise à l'action d'un électro-aimant ; en s'inclinant à droite ou à gauche, elle laissait défiler l'un ou l'autre rouage, tandis qu'en s'arrêtant dans une position intermédiaire elle les enrayait tous les deux. Cette disposition avait rendu nécessaire une autre modification, ayant pour but de remédier à l'état instable de l'armature en fer doux qui, dans l'ancien appareil, était alternativement précipitée dans un sens ou dans l'autre suivant la prépondérance de l'électro-aimant ou du ressort à boudin, d'où résultait une oscillation perpétuelle de cette pièce, qui n'avait pour ainsi dire aucun équilibre propre. A l'aide d'un *répartiteur* de Robert Houdin à bord curviligne, l'armature de l'électro-aimant fut placée, au contraire, dans des conditions d'équilibre stable, de façon que sa position fût à chaque instant l'expression de l'intensité du courant. Tant que cette intensité conserve la valeur demandée, corrélative de la

(1) *Appareil régulateur de la lumière électrique à recul et à détente équilibrée*, 1862. — *Recueil*, p. 322.

distance gardée entre les pointes de graphite, la détente maintient les deux rouages au repos, et ne laisse l'un ou l'autre se mettre en marche qu'au moment où le courant devient ou trop fort, ou trop faible. Enfin, pour combattre le développement de chaleur que l'induction électrique provoque toujours dans le fer doux, Foucault avait eu l'idée de construire un électro-aimant à *lames multiples*.

On le voit, dans le problème du réglage de la lumière électrique comme dans celui de la démonstration du mouvement de la terre, l'intelligence toujours en éveil de Foucault ne s'était pas tenue satisfaite par un premier succès. Elle ne se reposait que dans des solutions aussi parfaites que les comportait l'état de la science, et, comme le disait M. Dumas, Foucault voulait que dans cette question de la lumière électrique le premier et le dernier mot lui appartinssent.

Un sujet d'une portée plus théorique fut traité par Foucault dans une série de notes publiées en 1853 (1). Il s'attachait cette fois à prouver que les restrictions apportées par Faraday lui-même à sa célèbre loi sur les décompositions produites dans les liquides par le courant électrique, restrictions rejetées par la plupart des savants, devaient être prises en considération, attendu qu'il existe dans les liquides une conductibilité électrique faible, mais réelle, que n'accompagne aucune décomposition chimique. Il était bien difficile de mettre hors de doute cette conductibilité *physique* des liquides, que Foucault se sentait pressé d'admettre par des considérations théoriques empruntées à l'électro-chimie. Il croyait cependant avoir démontré par certaines expériences que, dans des cas déterminés, un liquide agit purement comme conducteur sans contribuer autrement au développement du flux électrique ; il présen-

(1) *Sur la conductibilité propre des liquides ; piles sans métal. — Sur la conductibilité des liquides* (*Recueil*, pp. 329 et 336).

tait des piles à colonne formées de disques métalliques et de rondelles de drap mouillées par un liquide, dans lesquelles le courant chemine à travers les rondelles en un sens contraire à celui que lui assigne l'action chimique du liquide sur le métal. Il montrait même des piles galvaniques *sans aucun métal*, où le courant ne doit son origine qu'à l'action chimique réciproque de liquides superposés. Enfin, il décrivait dans la *Bibliothèque* de Genève des expériences dans lesquelles, par une altération intentionnelle du rapport de conductibilités physique et chimique d'un même liquide, il obtenait des décompositions électrolytiques s'écartant réellement de la loi de Faraday.

Le champ des phénomènes électriques fut pour Léon Foucault le théâtre d'un nouveau succès, en 1855; il y trouva le moyen de traduire sous une forme saisissante l'un des principes fondamentaux de la théorie mécanique de la chaleur, dont on commençait alors à parler beaucoup en France. Il se souvint de la célèbre expérience d'Arago sur l'aiguille aimantée, mise en rotation par l'influence d'un disque de cuivre tournant dans son voisinage. Il songea à l'explication qu'en avait donnée Faraday, assignant comme cause au mouvement de l'aiguille les courants d'induction qui se développent dans le disque par l'effet du mouvement relatif des deux corps. Foucault place donc un disque de cuivre entre les deux pôles d'un fort électro-aimant, et à l'aide du mécanisme denté dont il s'était servi dans ses expériences gyroscopiques, il lui communique une rotation très rapide. Tant que l'électricité ne circule pas dans les spires de l'électro-aimant, que celui-ci demeure donc inerte, le disque cède sans difficulté à l'impulsion de la manivelle et sa rotation s'accélère. Si on l'abandonne en pleine vitesse en même temps qu'on lance le courant dans l'électro-aimant, presqu'instantanément le disque s'arrête, comme pressé par un frein invisible. Veut-on alors lui restituer la vitesse en agissant sur la manivelle?

On éprouve une résistance singulière, comme si le disque tournait dans une masse résistante, et, sous l'effort qu'on lui applique, il s'échauffe jusqu'à 60 degrés. Exemple bien remarquable de cette loi de la thermodynamique qui nous montre, partout où le travail mécanique se dépense sans produire un mouvement proportionné, les trépidations invisibles des molécules complétant l'équation sous forme de chaleur.

Mais le nom de Foucault se lie plus intimement au progrès de la science de l'électricité, dans l'histoire de ces appareils puissants connus de tout le monde sous le nom de *bobines de Ruhmkorff*. C'est cet habile constructeur, en effet, qui, utilisant la découverte de Faraday sur les courants d'induction et les idées de plusieurs autres savants, est arrivé à produire, par l'induction d'un faible courant constamment interrompu, sur un fil conducteur très long et très mince enroulé autour du premier, des courants d'une énorme tension, mais instantanés, qui réalisent les effets des anciennes machines électriques, chargent des batteries, donnent des étincelles foudroyantes, etc.

Au moment où Foucault commença de s'en occuper, ces machines n'avaient qu'une puissance très limitée. Elles ne fournissaient pas d'étincelle à une distance supérieure à 10 millimètres. Si l'on tentait d'exagérer leurs dimensions, on n'obtenait pas d'effets proportionnés, on risquait de rompre par la tension du courant induit l'isolement des spires du fil conducteur ; enfin, les organes servant à l'interruption du courant se détérioraient bien vite. On ne réussissait pas non plus à interrompre le courant inducteur instantanément et un grand nombre de fois dans un temps très court, condition indispensable pour une forte tension du courant induit. L'adjonction du *condensateur* de M. Fizeau, recueillant l'électricité d'un courant secondaire qui prolonge intempestivement celui du fil inducteur et diminuant ainsi la mauvaise influence de cet *extra-courant*, tout en amé-

liorant d'une manière sensible la machine de Ruhmkorff, n'avait pas à beaucoup près remédié aux obstacles qui en limitaient l'énergie.

Renonçant à accroître outre mesure les proportions d'un même appareil d'induction, Foucault eut l'idée (1) d'associer entre elles deux ou un plus grand nombre de ces machines, en établissant, par une ingénieuse disposition, une parfaite simultanéité dans les organes interrupteurs. « En assimilant les appareils d'induction aux autres sources connues d'électricité dynamique qui toutes sont susceptibles d'être réunies en série et de donner des effets de tension proportionnels au nombre des éléments électro-moteurs, j'arrivai à conclure qu'il en serait de même entre plusieurs machines inductives, pourvu qu'elles fussent assujetties à fonctionner d'une manière concordante. » Par un simple raisonnement, Foucault montrait en effet que l'association de plusieurs bobines d'induction assure à chacune d'elles tout son effet sans dépasser les limites d'un bon fonctionnement, et que l'on obtient dans la décharge la somme de ces effets *maxima*. Les étincelles, portées de 16 à 18 millimètres, justifièrent cette combinaison.

Mais la découverte de l'*interrupteur à mercure* (2) vint porter beaucoup plus loin la perfection et la puissance des appareils d'induction. Avant Foucault, l'interruption du courant inducteur était réalisée par un marteau qui, soulevé au passage du courant par l'aimantation d'un fer doux, coupait la communication, retombait aussitôt en fermant le courant, et ainsi de suite. Ce système fonctionnait incomplètement et se détériorait vite. Foucault imagina de faire de l'interrupteur un appareil spécial, mis en action par un simple couple galvanique indépendant du courant inducteur. Les détails en ont été successivement modifiés, mais, en prin-

(1) *Sur l'emploi des appareils d'induction ; effets des machines multiples.* — *Recueil*, p. 345.

(2) *Machines d'induction multiptes, interrupteur à mercure.* — *Note sur l'emploi des appareils d'induction.* — *Recueil*, pp. 348-365.

cipe, il consiste en un levier suspendu par une lame élastique et portant à une extrémité un marteau en fer doux sur lequel vient agir un électro-aimant animé par le couple dont j'ai parlé. Sur l'autre branche du levier est fixée une pointe en platine, qui affleure à la surface du mercure contenu dans un godet. Quand le contact a lieu entre la pointe et le mercure, le courant du couple circule dans l'électro-aimant ; celui-ci abaisse le marteau, soulève la pointe et interrompt le circuit ; le marteau se relève donc, et le jeu continue ainsi avec une telle rapidité que le levier effectue une soixantaine d'oscillations par seconde. Sur le même bras que la première pointe se trouve fixée une seconde, affleurant également le mercure d'un deuxième godet auquel arrive le courant inducteur de la bobine ; c'est là que se fait véritablement l'interruption de ce courant par les oscillations du levier. Le détail important, c'est que la surface du mercure dans les godets est recouverte d'une couche d'alcool absolu qui jouit de la propriété d'isoler parfaitement ; dès lors, à l'instant même où la pointe sort du mercure, le courant cesse brusquement, l'étincelle est supprimée et l'arrêt aussi instantané que possible ; la régularité des interruptions est aussi bien mieux assurée. Aussi cet interrupteur a-t-il été généralement adopté. En appliquant son système à des machines accouplées au nombre de deux ou de quatre, Foucault est parvenu à des effets d'une puissance étonnante ; de huit à dix centimètres, les étincelles de décharge ont atteint bientôt, par le perfectionnement de l'isolement des fils, une longueur de vingt et même de trente centimètres en se succédant avec rapidité. Sans l'interrupteur à mercure, il eût été bien difficile, sinon impossible, de porter cet admirable instrument au degré de puissance qu'il a atteint aujourd'hui.

« Lorsqu'il exécutait ces brillantes expériences, rapporte M. Lissajous, il circulait avec calme au milieu de ces générateurs d'électricité d'où jaillissait la foudre, une main systématiquement fixée dans sa poche, l'autre armée d'une

pince en bois, exécutant toutes les manœuvres nécessaires avec une aisance et un sang froid admirable, et jamais aucun faux mouvement ne l'exposa à une de ces décharges terribles qui pour lui surtout n'eussent pas été sans danger. »

En 1857, Foucault apporta un nouveau perfectionnement à son invention en disposant un interrupteur à double effet, d'ailleurs basé sur le même principe, mais dont la marche incessante avait pour résultat de doubler le nombre des étincelles dans un même espace de temps. Le mercure y était remplacé par un amalgame pâteux d'argent ou de palladium. Un dessin *inédit* de cet interrupteur double, portant la date de 1861, a été retrouvé dans les papiers de Foucault et reproduit dans le bel ouvrage qui me sert ici de guide.

VI

J'ai dit dans l'introduction de ce travail comment Foucault, nommé en 1854 physicien de l'Observatoire, s'était trouvé amené à une étude approfondie de la question des verres optiques et des miroirs de télescopes. C'est en 1857 qu'il faisait part brièvement, à l'Académie, de son invention des miroirs en verre argenté, de sa méthode de retouches successives pour leur donner le dernier degré de perfection, de ses procédés pour en mesurer le pouvoir optique réel (1). L'année suivante, il publiait dans le tome V des *Annales de l'Observatoire* un mémoire très développé (2), véritable chef-d'œuvre d'exposition scientifique, dans lequel la question est traitée d'une manière approfondie, aussi bien au point de vue de la science qu'au point de vue technique.

Exposant d'abord l'historique de ses recherches, Fou-

(1) *Sur un nouveau télescope en verre argenté* (*Comptes rendus*, 16 février 1857 ; *Recueil*, p. 227).

(2) *Mémoire sur la construction des télescopes en verre argenté.* (*Recueil*, pp. 232-284).

cault rapporte que, appelé par ses fonctions à l'Observatoire à étudier la valeur optique des réfracteurs astronomiques et la possibilité d'accroître leur puissance, il s'est préoccupé en premier lieu de substituer à la méthode ordinaire d'essai sur les étoiles l'examen d'un point brillant, obtenu artificiellement en formant une image lumineuse au foyer d'un miroir concave, et qu'il a été ainsi conduit de proche en proche à l'analyse des miroirs sphériques, considérés comme moyens de vision. D'ailleurs, on sait que l'astronomie d'observation ne doit pas moins de grandes découvertes aux télescopes qu'aux lunettes, et les qualités propres des premiers méritent bien que l'on s'occupe de leur perfectionnement. L'examen des surfaces sphériques réfléchissantes avait révélé à Foucault combien leur exécution est ordinairement défectueuse, et l'impossibilité de les corriger lui donna l'idée de les construire en verre que l'on argenterait ensuite. Les résultats ayant été excellents, puisqu'un petit télescope de $0^m,10$ de diamètre supportait bien un oculaire grossissant deux cents fois, ils devinrent le point de départ d'une série de recherches et de méthodes décrites dans le mémoire.

La première question était d'instituer un procédé sûr pour apprécier exactement la perfection ou les défauts des surfaces sphériques réfléchissantes, appréciation qui, jusqu'alors, avait été abandonnée à l'empirisme.

Léon Foucault propose pour cela trois méthodes. La première est fondée sur l'examen au microscope de l'image d'un point lumineux placé près du centre de courbure du miroir; elle est surtout avantageuse pour vérifier si la surface réfléchissante est bien de révolution autour de son axe optique. La deuxième méthode consiste à placer dans le voisinage du centre de courbure un petit réseau métallique à mailles carrées, et à en observer l'image réfléchie au moyen d'une petite lunette dont l'ouverture est très réduite par un diaphragme; l'image observée est alors constituée par des rayons empruntés aux diverses parties de la

surface réfléchissante, et manifeste ainsi clairement les défauts de régularité dans la courbure du miroir. Si, comme c'est le cas ordinaire, le rayon de courbure est trop grand sur les bords, l'image du réseau présente des fils tournant leur concavité au dehors, des mailles qui vont en s'évasant à partir du centre. L'inverse a lieu et les lignes du réseau se courbent vers le centre quand le rayon de courbure diminue vers les bords; enfin, ce qui est très fréquent, si le miroir a une *éminence centrale* entourée d'une sorte de rigole, la courbure varie successivement dans les deux sens et les mailles du filet apparaissent ondulées d'une façon particulière. Ce procédé est très précis, mais moins encore que le suivant :

On dispose encore un point lumineux au voisinage du centre de courbure du miroir ; les rayons réfléchis viennent se croiser en un point qui est l'*image* de l'objet lumineux, après quoi, ils forment un nouveau cône divergent dans lequel l'œil étant plongé voit, pour certaine position, la surface du miroir totalement illuminée. Alors, au moyen d'un écran opaque à bord rectiligne, on intercepte l'image en coupant le cône de rayons près du sommet, jusqu'à la faire disparaître entièrement. Pendant cette opération, si la surface réfléchissante est parfaitement sphérique, l'observateur voit l'éclat du miroir diminuer uniformément; dans l'hypothèse contraire, l'extinction de la lumière ne marche pas régulièrement sur toute la surface et l'on voit s'accuser par des oppositions d'ombre et de lumière, avec un relief exagéré, les ondulations, dépressions, etc., qui altèrent localement la courbure du miroir. Ce phénomène, comme l'explique fort bien Foucault, résulte de ce que, outre les rayons *réguliers* qui viennent former l'image bien circulaire du point lumineux, il y a ici des rayons en aberration qui vont passer près de cette image, plus ou moins loin suivant les défectuosités de la surface, et lorsqu'on a couvert par l'écran l'image régulière, ces rayons subsistent et dénoncent à l'œil observateur les éléments de la surface

qui ne s'inclinent pas sous l'incidence voulue. « En définitive, l'aspect d'une telle surface sera le même que celui d'une surface mate qui présenterait, avec un degré d'exagération extrême, des saillies et des creux semblablement distribués, et qui serait éclairée par une lumière oblique provenant d'une source placée du côté *opposé* à l'écran qui intercepte l'image. »

Observer au microscope l'image d'un point, étudier à la lunette diaphragmée les déformations d'un réseau, et regarder à l'œil nu la surface au moyen des rayons échappés à l'image interceptée, tels sont les artifices appelés, en se contrôlant mutuellement, à fournir tous les renseignements désirables sur la configuration des surfaces optiques.

Mais Foucault ne tarda pas à reconnaître que cette méthode se prêtait à une plus grande extension. Il remarqua, en effet, que ces moyens d'explorer le miroir ne sont autre chose, en réalité, que des moyens d'étudier des faisceaux lumineux réfléchis sur une surface quelconque et concourant pour former une image. Ainsi, si le point lumineux partant du centre se rapproche du miroir, l'image s'en éloigne et devient moins parfaite ; car il faudrait pour qu'il en fût autrement, comme on sait, que la surface réfléchissante fût un *ellipsoïde* dont le point lumineux occuperait l'un des foyers ; la méthode d'*exploration* indique donc de combien la surface s'écarte d'un ellipsoïde. Si les rayons viennent d'un astre éloigné et sont comme parallèles, l'image est au *foyer principal* et toujours imparfaite, car la surface devrait être un *paraboloïde de révolution ;* le procédé d'étude, nous révélant jusqu'à quel degré le faisceau réfléchi manque de la convergence vers un point, nous apprendra jusqu'où la surface s'écarte d'un paraboloïde.

Observons maintenant que le miroir, en verre simplement poli, réfléchit assez de lumière pour permettre l'examen optique par les trois procédés que nous avons décrits. Si donc il était possible, par des retouches successives, habilement dirigées, constamment éclairées par l'examen opti-

que, de corriger les aberrations des faisceaux, on amènerait peu à peu la surface réfléchissante, d'abord sphérique, à se confondre, soit avec un ellipsoïde de révolution, soit avec un paraboloïde pour l'étude des objets très éloignés, résultat auquel on n'était jamais parvenu à cause de la difficulté de construire mécaniquement de telles surfaces.

« On constate, en effet, écrit l'auteur, par l'application des trois procédés, qu'il y a aberration, et dans un sens tel, que les différents éléments du miroir donnent leur foyer à plus courte distance à mesure qu'ils s'écartent de la partie centrale. L'image du point lumineux examinée au microscope commence à s'entourer d'une auréole d'aberration ; quand on change la mise au point, on voit cette image dégénérer de part et d'autre du plan focal en deux images complémentaires, dont l'une plus rapprochée du miroir, présente au pourtour une accumulation de lumière, et dont l'autre affecte la disposition inverse. Les lignes du réseau commencent à se courber en tournant leur convexité à l'intérieur, et l'extinction de l'image par l'écran produit sur le miroir une distribution inégale de lumière qui semble accuser un centre bombé et un bord relevé, avec une rigole circulaire entre deux. A tous ces caractères on reconnaît que la surface du miroir n'est pas celle qui conviendrait à la position actuelle des foyers conjugués, et qu'elle en diffère de telle sorte que le rayon de courbure est relativement trop court et de plus en plus aux divers éléments à mesure qu'ils s'éloignent de la partie centrale. On voit déjà, clairement indiquée, la modification qu'il faudrait imprimer à cette surface pour la ramener à de meilleures conditions : évidemment, il y aurait à la retoucher de manière à rétablir entre les rayons de courbure cette variation qui leur manque, et l'on verra plus loin qu'il y a une infinité de manières d'opérer cette retouche.

» Poursuivons, c'est-à-dire, rapprochons encore l'objet du miroir, et repoussons du même coup l'image à plus grande distance. L'aberration va croissant, ainsi que les

phénomènes qui en décèlent la grandeur et le sens ; en sorte qu'il devient manifeste que l'aberration pour une surface sphérique augmente avec la distance des foyers conjugués. Mais supposons que, partant du centre de courbure et avant de passer d'une station à une autre, on maîtrise les phénomènes d'aberration en exécutant les retouches conseillées par les indications des procédés d'examen ; la figure du miroir, primitivement sphérique, sera graduellement modifiée par une série de retouches légères qui le feront successivement passer par la série des figures ellipsoïdales ayant le paraboloïde pour limite. »

Restait à voir si ces retouches seraient pratiquement exécutables. La suite du mémoire donne sur ce point, avec une flexibilité de style bien remarquable, tous les détails nécessaires au praticien, détails dans lesquels je ne suivrai pas l'auteur. Disons brièvement que, tant qu'il s'agit de petits miroirs, Foucault se contente des procédés ordinaires pour la fabrication des miroirs sphériques en verre : une paire de bassins de cuivre polis à l'émeri, dont la convexité de l'un, usée par la concavité de l'autre, fournit la *balle* sphérique sur laquelle la main exercée de l'ouvrier use le disque de verre jusqu'à ce qu'il y adhère parfaitement, après quoi on le polit au rouge d'Angleterre. S'il s'agit de miroirs de grande dimension, ce procédé n'est plus applicable ; Foucault lui substitue le polissage de deux disques de verre l'un sur l'autre, le premier jouant le rôle de la sphère *convexe* en cuivre, le second étant le miroir même que l'on veut travailler. Ce travail verre sur verre s'exécute avec de l'émeri gradué et exige de minutieuses précautions. Lorsqu'on a ainsi amené le miroir au douci parfait, puis au poli, on le soumet à l'examen optique qui a pour but de mesurer sa sphéricité plus ou moins exacte, après quoi l'on prépare un certain nombre de *polissoirs* pour les retouches. Ces polissoirs, dont le diamètre varie du cinquième au tiers de celui du miroir, sont encore en verre ; ils vont servir à attaquer le miroir aux points indiqués

par l'examen optique, et à lui faire subir une usure semblable à celle qui a déterminé sa forme générale. Le miroir étant disposé sur son bassin de bois tapissé d'étoffe de laine, on communique à la surface à retoucher le plus de mordant possible en la nettoyant au blanc d'Espagne, puis on procède aux retouches locales éclairées par l'examen optique, en employant le tripoli de Venise, plus tard le rouge anglais. On arrive ainsi, par des manœuvres patientes mais toujours sûres, à réaliser sur le miroir une courbure sphérique très satisfaisante, c'est-à-dire à obtenir près du centre de courbure une image nette et bien ronde d'un point lumineux.

Ce premier résultat conquis, on se dirige vers une forme plus appropriée à la réflexion des objets éloignés. Pour cela, on rapproche l'objet lumineux du miroir, ce qui en éloigne l'image, et par de nouveaux polissages toujours combinés avec des épreuves répétées de la surface réfléchissante, on amène cette image à une perfection de plus en plus grande, on efface peu à peu l'aberration et la nébulosité qui l'entourent ; puis, continuant à rapprocher l'objet du miroir, on allonge l'ellipsoïde par des retouches graduées, en s'astreignant à obtenir toujours une image bien nette. Seulement, lorsqu'on est arrivé à repousser celle-ci très loin du miroir et qu'il ne reste plus qu'à passer à la forme parabolique, on procède dans l'ordre inverse : on choisit une source lumineuse très éloignée, un astre brillant ; les rayons parallèles qu'il envoie au miroir vont se réfléchir au foyer principal, et l'on travaille alors sur cette image pour en détruire l'aberration.

On voit avec quelle prudence, quelle méthode ces retouches sont dirigées ; aussi le procédé de Foucault donne-t-il rapidement aux miroirs réflecteurs une perfection qui jamais n'avait été atteinte, et qui se décèle par la netteté des détails, par les grossissements puissants que supporte l'image obtenue sur un tel miroir (1).

(1) L'idée de construire des miroirs télescopiques en verre argenté avait

Voulant apprécier *numériquement* le résultat de ses efforts, Foucault avait à s'occuper de la mesure exacte des pouvoirs optiques : c'est la partie la plus intéressante du mémoire au point de vue scientifique, par les considérations originales qu'elle renferme sur la limite de perfection que la nature de l'agent lumineux impose aux réflecteurs astronomiques. Foucault observe que l'image d'un *point* lumineux obtenue sur une surface réfléchissante parfaite et bien mise au point doit se présenter, à raison des phénomènes connus sous le nom de *diffraction*, sous la forme d'un petit disque bien rond, entouré d'une série d'anneaux alternativement obscurs et brillants. Comme le disque central l'emporte de beaucoup par l'éclat, que l'anneau contigu est très obscur, les autres anneaux notablement plus faibles n'apporteront pas de confusion sensible dans les images ; du moment donc où l'on est arrivé à obtenir ainsi, pour l'image d'un point, un disque et des anneaux nettement circonscrits, on a atteint toute la perfection dont le miroir est susceptible.

« Mais pour juger sûrement du résultat et pour en donner une expression moins vague que celle qu'on emprunte habituellement au langage ordinaire, il convient de diriger le miroir monté en télescope newtonien vers une mire lointaine, systématiquement composée de manière à offrir à l'observation des détails placés à la limite de visibilité. On construit ces mires d'épreuves en traçant sur une lame d'ivoire des séries de divisions partagées en groupes successifs où le millimètre est fractionné en parties de plus en plus petites. La largeur du trait doit varier d'un groupe à un autre en proportion telle que, dans chacun d'eux, les espaces noircis aient la même étendue que l'intervalle qui les sépare. Quand on considère à l'œil nu une pareille mire

été émise et appliquée par Steinheil de Munich; mais Foucault, qui d'ailleurs ignorait cette découverte, en a bien agrandi la portée par sa méthode des retouches locales.

placée à distance ou qu'on l'observe avec un instrument trop faible, les différents groupes présentent une teinte grise uniforme. Mais si l'on diminue la distance ou si l'on prend des instruments plus puissants, on voit les groupes de divisions les plus écartées se résoudre en traits distincts, tandis que les autres restent confondus. En augmentant le grossissement et en éclairant suffisamment la mire, on s'assure que dans les groupes qui demeurent uniformément gris, la confusion des traits n'est pas imputable à l'impuissance de l'œil ; elle est donc à mettre tout entière sur le compte de l'instrument qui résout l'un des groupes et ne résout pas le suivant. En constatant ainsi quel est le groupe dont les divisions se trouvent par leur rapprochement placées à la limite de visibilité, on acquiert la preuve positive que l'instrument sépare les parties écartées par un certain espace angulaire, et ne sépare pas celles qui sont plus rapprochées les unes des autres. Il suit de là que l'aptitude de l'instrument à pénétrer les détails des objets observés, ou ce qu'on peut appeler son pouvoir optique, est inversement proportionnel à l'angle limite de séparabilité de divisions contiguës : il a, en définitive, pour expression, le quotient de la distance de la mire par l'intervalle moyen des dernières parties distinctes. »

Lorsqu'un réflecteur a été amené à ce haut degré de perfection, l'étude de son pouvoir optique révèle une loi remarquable : il existe un rapport constant entre le pouvoir optique et le diamètre du miroir, et l'agrandissement seul de ce diamètre permet de pousser plus loin la *séparabilité* des points lumineux dans les images. De là cette conséquence importante : dans un tel miroir, à l'inverse de ce qui se passe dans les réflecteurs sphériques ordinaires, si l'on réduit par un diaphragme l'étendue active de la surface, on diminuera toujours la puissance optique du miroir. Et cette conséquence théorique non moins remarquable : le rapport constant dont il s'agit exprime l'aptitude de la lumière à former des images plus ou moins détaillées. C'est

une constante physique, qui est intimement liée à la longueur d'onde et lui est inversement proportionnelle, en sorte qu'elle varie pour les rayons de différentes couleurs de manière à assurer la plus grande puissance de définition aux rayons les plus réfrangibles. L'expérience confirme ce principe, notamment par la netteté des épreuves photographiques d'objets microscopiques, qui s'engendrent sous l'action prépondérante des rayons ultra-violets.

C'est donc dans la constitution physique de la lumière plutôt que dans l'imperfection de nos procédés qu'il faut chercher l'obstacle qui limite l'extension des effets déjà obtenus. Quant à la valeur du travail réalisé par la méthode des retouches sur les surfaces réfléchissantes, elle s'apprécie par cette circonstance, indiquée par la théorie des ondes, que la formation d'un foyer exact exige la concordance vibratoire rigoureuse, l'égalité absolue des chemins parcourus par les rayons. Cette concordance a donc lieu, ici, à moins d'une demi-longueur d'ondulation, ou d'un quart de millième de millimètre, et comme l'erreur introduite par un élément de surface imparfait est doublée par la réflexion, on peut dire que les points de la surface réelle ne s'écartent de la surface théorique que d'environ $\frac{1}{10000}$ de millimètre. Tel est le degré merveilleux de précision que comporte la méthode de Foucault.

Restent deux opérations importantes, l'argenture du miroir, son montage en télescope pour les usages astronomiques, étudiées toutes deux par Foucault avec un soin minutieux. Le dépôt de la couche d'argent s'effectue par le procédé de Drayton, c'est-à-dire par l'immersion du miroir dans un bain de nitrate ammoniacal d'argent et le brunissage ultérieur au rouge anglais le plus fin. Le corps des nouveaux télescopes est en bois, simple et solide, et comme dans les télescopes mêmes de Newton, l'image rejetée sur le côté par un prisme est observée à l'aide d'un oculaire à quatre verres. Il est essentiel, pour conserver au miroir les qualités obtenues si péniblement, d'éviter toute *flexion*

dans un sens ou dans l'autre, c'est pourquoi il repose sur un coussin de caoutchouc gonflé d'air.

Citons encore les conclusions qui résument ce beau travail : « Nous nous étions proposé, ou plutôt nous avions reçu du directeur de l'Observatoire la mission de préparer la voie pour la taille des objectifs de grand diamètre. Fallait-il se contenter d'appliquer empiriquement en grand les méthodes dont on s'est contenté jusqu'ici pour le travail des verres ? Quel résultat pouvait-on se flatter d'obtenir en compensation de l'accroissement des dépenses? A quoi jugerait-on d'avoir réussi ? Savait-on seulement si, dans l'état actuel, nos meilleurs instruments laissent carrière à d'importants progrès ? N'y aurait-il pas en optique comme en mécanique un maximum d'effet utile qui viendrait tôt ou tard limiter nos efforts ? Toutes ces questions étaient implicitement comprises dans la mission que nous avions reçue du directeur.

» En cherchant à les résoudre, il y avait danger, nous le voyons aujourd'hui, de s'engager dans une voie qui vraisemblablement était sans issue. Heureusement, nous avons pris le chemin détourné, et, délaissant provisoirement la réfraction, nous avons emprunté à la réflexion les moyens d'agir plus simplement sur la lumière et d'en former correctement ce *point focal* où se révèle toute la théorie physique des images..., et maintenant que l'expérience est acquise, nous n'hésiterions pas à faire sur les objectifs achromatiques l'application d'une méthode qui n'a rien à redouter de la complication analytique des surfaces. Cependant, les miroirs de verre qui n'étaient qu'accessoires, ont emprunté à l'argenture un éclat métallique si remarquable que maintenant ils rivalisent avec les objectifs de même dimension.

»... Nous avons été conduit, chemin faisant, à reconnaître l'insuffisance des considérations purement géométriques sur lesquelles on se fondait pour établir la théorie des instruments d'optique. Tous les faits observés condam-

nent un système dans lequel on ne tient aucun compte du caractère *périodique* de l'agent lumineux, où par suite on néglige l'élément principal qui intervient dans le mécanisme de la formation des images ; ils démontrent, au contraire, qu'au foyer des surfaces appropriées par leur degré de précision à la constitution intime de la lumière, les rayons obéissent au principe fondamental des interférences. Ainsi se justifie dans ses dernières conséquences une doctrine que l'esprit humain s'était donnée pour guide, et qui paraît devoir embrasser l'universalité des phénomènes de l'optique physique. »

L'originalité, la fécondité des principes introduits par Léon Foucault dans la construction rationnelle des réflecteurs se manifeste par les applications qu'il en fit. En 1859, il présentait à la Société Philomathique un microscope dans lequel l'aberration des lentilles était corrigée par la réflexion des rayons sur un miroir concave en verre argenté, modifié par des retouches locales en vue du résultat à obtenir. Cette même méthode des retouches, il l'employa à la fabrication, si importante dans les appareils de physique, de miroirs *plans* d'une exactitude géométrique et d'un poli parfait ; et ses travaux dans cette direction auraient même pris une extension remarquable, à en juger par les renseignements fournis après la mort de Foucault par M. Martin, son ami. D'un autre côté, observant la transparence de la couche d'argent très mince déposée à la surface des miroirs, il fut amené à se demander si la fixation d'une couche semblable sur la surface des grands objectifs astronomiques ne garantirait pas l'œil de l'observateur contre les effets redoutables de la lumière solaire. Le résultat dépassa son attente : la lumière bleuâtre tamisée par la couche d'argent n'offense nullement l'œil, et ne lui dissimule pourtant aucun détail de la surface du soleil : « Le contour du disque se détache nettement sur un ciel noir,

les taches se dessinent avec précision, les facules se montrent distinctement, ainsi que le décroissement de lumière vers les bords, et dès le premier coup d'œil, on se sent armé d'un puissant moyen d'investigation. La teinte vraie du soleil est un peu altérée par la prédominance des rayons bleus ; mais les rapports d'intensité sont si bien conservés qu'on ne perd aucun détail, et qu'au bout d'un certain temps l'œil, accoutumé à cette couleur bleuâtre, cesse d'en avoir le sentiment distinct. »

Enfin, Foucault transporta sa méthode d'examen et de retouches successives dans le domaine de la dioptrique ; ici, les difficultés étaient plus grandes, puisque la préparation d'un objectif achromatique exige la taille et le polissage de *quatre* surfaces de cristal. Ces difficultés furent cependant résolues par Foucault : la détermination exacte du degré de pureté des verres, la réalisation méthodique et rapide de l'achromatisme, la correction des moindres inégalités dans les surfaces réfringentes, toutes ces questions n'avaient plus de secrets pour lui. Deux objectifs excellents, dont l'un destiné à l'observatoire de Lima, lui servirent de préparation à la taille d'une lentille de 74 centimètres de diamètre, qui devait être montée à l'Observatoire de Paris. La mort interrompit ce grand travail, mais à M. Ad. Martin, héritier de ses méthodes et de ses appareils, il laissait la tâche honorable de le mener à bonne fin et de donner à ses ingénieuses méthodes la publicité qu'elles réclament.

VII

Il me reste, pour achever l'histoire des principales inventions de L. Foucault, à indiquer brièvement des recherches, toujours occasionnées par la mission qu'il remplissait à l'Observatoire, mais se rattachant à la fois à l'astronomie d'observation et à la mécanique. Je veux parler de l'héliostat, du sidérostat et des régulateurs isochrones aux-

quels Foucault consacra toutes les ressources de son esprit créateur.

Le problème de l'*héliostat* est bien connu, et s'Gravesande, Gambey, Silbermann, August en avaient donné des solutions plus ou moins parfaites : il s'agit, en vue d'expériences que le physicien rencontre tous les jours, de recevoir le rayon solaire introduit par une petite ouverture sur un miroir plan actionné par un mouvement d'horlogerie, dans des conditions telles que, malgré le déplacement diurne apparent du soleil, le rayon soit renvoyé dans une direction toujours la même. L'appareil construit par Dubosq suivant les idées de Foucault et dont la description sans figure serait difficile, se caractérise par les perfectionnements suivants. Précédemment, le miroir réflecteur était monté sur le mécanisme même qui lui imprime une rotation autour de l'axe polaire, et cette circonstance imposait une limite étroite à la grandeur du miroir, afin que son poids ne faussât pas des pièces de leur nature assez délicates. Dans l'héliostat de Foucault, le miroir en verre argenté est porté par un pied indépendant, auquel on donne la solidité que l'on veut ; l'appareil d'horlogerie lui transmet le mouvement qu'il doit avoir au moyen d'une aiguille, qui vient agir sur une tige implantée normalement à la surface postérieure du miroir. De plus, celui-ci est susceptible d'un autre mouvement dans son propre plan, et le prolongement de l'aiguille motrice dirige ce deuxième mouvement de telle façon que le plan de réflexion, celui qui contient le rayon venant du soleil et le rayon à direction permanente, soit toujours dans le sens de la plus grande longueur du miroir, ce qui est une condition favorable à l'expérimentation. Dans le grand héliostat construit par Duboscq, le miroir n'avait pas moins de $0^{m}80$ sur $0^{m}40$.

Le *sidérostat* est une combinaison, en quelque sorte, de l'héliostat et de la lunette astronomique : son but est, comme l'a dit M. H. Sainte-Claire Deville, de permettre à l'astronome d'observer la lumière des astres exactement

comme le physicien étudie la lumière du soleil dans la chambre obscure, en employant à ces recherches les instruments qui se trouvent dans son cabinet, sans avoir besoin d'en changer la forme ni la disposition. Ici encore, un miroir plan, en verre argenté, est mû par un appareil d'horlogerie, de façon à renvoyer dans une direction horizontale fixe les rayons de l'astre que l'on veut étudier. Ces rayons sont reçus par un objectif astronomique qui les concentre et forme l'image de l'astre à l'orifice d'une chambre obscure, où l'astronome, confortablement installé et chauffé au besoin, vient avec un oculaire grossissant étudier à loisir cette image immobile.

Le sidérostat se prête à d'admirables applications. M. Wolf, de l'Observatoire de Paris, se proposait de l'employer à la construction de cartes stellaires ; Foucault en voulait faire un instrument pour l'étude permanente de la surface du soleil et pour la photographie de cet astre dans une des salles de l'Observatoire. Malheureusement il n'eut le temps que d'en faire exécuter le modèle en bois, et ce fut après sa mort seulement que M. Eichens pour la partie mécanique, M. Martin pour la construction du réflecteur, réalisèrent complètement l'idée du savant physicien (1).

L'établissement des grands appareils réflecteurs mit le génie de Foucault aux prises avec une question pleine d'aspérités, celle des *régulateurs de vitesse*. Les instruments où nous observons les astres sont montés sur un pied *parallactique* mû par une horloge, afin de suivre l'étoile dans son mouvement apparent et de la maintenir dans le champ de la lunette. Mais la marche d'un tel mécanisme est loin d'être continue ; les impulsions du moteur sont, à petits

(1) La description détaillée du sidérostat ne saurait être bien comprise qu'avec l'aide de figures : elle se trouve dans le *Recueil des travaux* de Foucault, p. 580. M. C. Wolf en a donné aussi une excellente théorie avec planches dans les *Annales de l'École normale*, 2e série, t. 1, p. 51.

intervalles réguliers, brisés par des temps d'arrêt, et l'on sait que le mouvement des aiguilles d'une montre n'est pas proprement uniforme, mais périodique. Dans une puissante lunette, le pouvoir amplifiant de l'instrument exagérerait encore l'amplitude des saccades résultant de l'intermittence de la force motrice, et imprimerait à l'astre observé un sautillement qui rendrait impossible toute observation régulière ; il faut à la lunette un mouvement aussi continu, aussi régulier que possible.

Lorsque Foucault, qui déjà en 1847 s'était préoccupé de ce problème, y revint vers 1860, son attention se porta sur les régulateurs à force centrifuge. Tout le monde a vu une machine à vapeur munie du *régulateur de Watt*. Pour compenser par des variations convenables dans l'action motrice les inégalités que présente forcément la résistance à vaincre et assurer à la machine cette régularité sans laquelle il n'est pas de bon travail, sur un arbre vertical tournant s'articulent deux bras terminés par des boules massives, qui, à raison de la force centrifuge, s'écartent plus ou moins de l'arbre suivant la vitesse de rotation. Elles soulèvent ainsi ou abaissent un manchon coulant auquel les bras sont reliés par des tiges, et ce mouvement du manchon ferme ou ouvre la valve qui donne entrée à la vapeur dans le cylindre. C'est ainsi que la machine elle-même modère ou accélère sa vitesse quand celle-ci tend à s'écarter de sa valeur normale.

Toutefois, l'appareil de Watt ne saurait maintenir la machine à un régime invariable, car à cette vitesse fixe répondrait nécessairement un même écart des boules du régulateur, à cet écart une même ouverture de la valve et une même pression de la vapeur sur le piston ; la force ne suivrait donc pas les fluctuations du travail résistant. Pour remédier à ce vice, il faudrait que les boules soulevées par une accélération de la vitesse de l'arbre restassent en équilibre dans leur nouvelle position quand, par la fermeture de la valve, l'arbre et la machine sont revenus à la

vitesse normale assignée, et cela ne se peut que si les centres des boules sont assujettis à rester sur une parabole. Or, il n'est pas facile de trouver une disposition pratique qui réalise cette condition ; celle qu'a proposée M. Farcot ne remplit le but que d'une manière approchée (1). Aussi est-ce par des principes et à un point de vue tout différents que Léon Foucault résout le problème de l'*isochronisme* des régulateurs à force centrifuge.

Dans celui de Watt, la vitesse rotative de l'arbre et l'écartement des bras sont dans un rapport déterminé; mais si le poids des boules variait avec l'angle d'écart suivant une certaine loi, la durée de la révolution du pendule régulateur deviendrait indépendante de cet angle et l'isochronisme serait assuré. Foucault obtient ce résultat en dirigeant sur le manchon, en sens contraire du poids des boules, la pression d'un contrepoids renvoyée par un système de tiges articulées sur deux pivots fixes, les mouvements et les proportions des pièces étant choisis de façon à ce que le poids des boules soit réduit dans la proportion exigée par l'isochronisme. Telle est la première solution donnée par Foucault du problème des modérateurs isochrones (2) ; mais à peine sortie de son cerveau, elle subit une série de transformations dans lesquelles, le principe restant le même, les appareils revêtent une variété infinie en s'éloignant de plus en plus de la conception de Watt.

Ainsi, Foucault étudie les causes qui impriment si souvent au régulateur une vitesse *périodique* et agitent de fluctuations inutiles la distribution de la force, et combat ces causes diverses par des modifications de son régulateur à contrepoids. Dans les machines à un cylindre, la vitesse

(1) M. Van Rysselberghe, de l'Observatoire de Bruxelles, a indiqué récemment (*Bulletins de l'Académie de Belgique*, 1878, n° 12) une combinaison assez compliquée de tiges articulées qui résout le problème exactement.

(2) Proprement, le principe de cet appareil, soumis à une analyse exacte, consiste en ce que les boules ne peuvent rester dans un équilibre relatif que si l'arbre a repris sa vitesse normale.

du régulateur doit être sensiblement celle de la machine ; on serait donc conduit dans certains cas à la ralentir au point que les boules pendraient inertes : à l'aide d'un contrepoids à levier coudé, Foucault donne le moyen de ralentir la vitesse normale à volonté, tout en assurant l'isochronisme. Poursuivant cette idée et simplifiant peu à peu la disposition première, il aboutit à une combinaison qui permet de varier en toute proportion la vitesse normale assignée au pendule régulateur : ici les boules sont montées, non plus sur les bras qui s'articulent au point de suspension fixe, mais sur ceux qui s'attachent au manchon mobile, et en combinant convenablement le poids de ce dernier avec l'appareil à contrepoids qui maintient l'isochronisme, on adapte celui-ci à une vitesse arbitraire.

Une circonstance amène Foucault à remplacer, dans le système qui isochronise le mouvement, l'action du contrepoids par celle d'un ressort à hélice : alors apparaît toute une série de dispositions nouvelles, dans lesquelles ces ressorts jouent le rôle principal. La plus élégante, celle à laquelle le nom de Foucault demeure attaché, constitue le régulateur *à plan fixe*. Intervertissons, dans l'appareil de Watt, le sommet fixe et le sommet mobile du losange articulé formé par les bras et les tiges : on reconnaît aussitôt que les centres des boules sont maintenant assujettis à rester dans un plan fixe perpendiculaire à l'arbre, que la pesanteur n'a plus d'action sur elles et que, par suite, la force centrifuge développée par la plus faible rotation de l'arbre suffit pour les chasser à l'extrémité de leur course. Pour combattre la réaction centrifuge, remplaçons l'action de la pesanteur par celle de deux ressorts s'attachant aux boules et agissant de façon à les rapprocher de l'arbre ; nous aurons un régulateur capable, comme celui de Watt, de modérer la puissance motrice quand la vitesse s'accroît, mais auquel, pour assurer l'isochronisme complet, il suffira d'imposer cette condition, que les ressorts aient une tension nulle quand les centres des boules sont ramenés en face de

l'axe de rotation. On voit que ce régulateur a, d'ailleurs, l'avantage de fonctionner indépendamment de la pesanteur, de s'adapter à un arbre horizontal aussi bien qu'à un arbre vertical, de répondre aux exigences que l'oscillation des navires impose aux machines marines.

Je ne suivrai pas Foucault dans les mille transformations imaginées par lui pour appliquer ses régulateurs à ressort, à contrepoids, à manchon fileté, aux divers usages de l'industrie et de la science, si intéressante que soit cette lutte de son génie inventeur contre la complexité des problèmes que la pratique faisait surgir sous ses pas. Je reviens au point de départ probable de ces recherches, aux régulateurs pour mouvements d'horlogerie. Il ne s'agit plus ici de commander, au moyen du modérateur, un mécanisme qui règle l'expansion de la puissance motrice, mais de trouver dans le régulateur lui-même une résistance variable et systématiquement pondérée qui contrebalance les oscillations de cette puissance. Foucault avait d'abord imaginé un ventilateur dont les valves s'ouvraient plus ou moins pour laisser passer l'air sous l'action du pendule isochrone à contrepoids que j'ai esquissé plus haut ; mais une solution beaucoup plus simple se révéla à lui dans le régulateur à ailettes.

Représentons-nous encore le régulateur à ressort et à plan fixe de tout à l'heure ; supprimons les boules, remplaçons les bras par des ailettes dont l'extrémité mince soit articulée sur le manchon mobile, tandis que les extrémités libres des ressorts s'attachent aux centres de gravité des masses des ailettes, forcés ici de se mouvoir en ligne droite. Quand la vitesse de l'arbre s'accroît, sous l'influence de la force centrifuge les ressorts s'allongent, les ailettes s'ouvrent et balaient l'air sur un plus grand rayon, la résistance s'accroît donc rapidement et réagit sur le mouvement de l'arbre ; en calculant convenablement la tension des ressorts qui règlent l'ouverture des ailettes, on assure facilement l'isochronisme des révolutions de ce système régula-

teur, et il suffit de placer le mouvement d'horlogerie, qui sollicite un héliostat ou un pied parallactique, sous l'influence d'un tel système, pour faire disparaître les petites inégalités résultant de l'intermittence du moteur et obtenir une rotation parfaitement continue et régulière. Ajoutons que Léon Foucault a donné aussi des faces très variées à cette dernière production de son génie, notamment en remplaçant les ressorts par un contrepoids, et que c'est même sous cette forme qu'elle a été appliquée dans le sidérostat par M. Eichens.

Au terme de cette longue étude, bien des questions se présenteraient pour en résumer les données essentielles, et l'une des plus intéressantes serait assurément de rechercher de quels éléments s'est formée cette puissance investigatrice que nous avons admirée dans Léon Foucault, et si, comme on l'a dit, pour n'avoir pas été façonné dans le moule des méthodes régulières de la science, son génie n'en a recueilli que plus de force et d'originalité. Mais cette question a été traitée avec beaucoup de finesse et de sens par M. Bertrand dans l'étude que j'ai citée plusieurs fois; je ne puis donc faire mieux que d'y renvoyer le lecteur, et de me borner ici à rappeler quelques caractères distinctifs de l'organisation scientifique de Foucault.

On peut dire, d'une manière générale, qu'aucun homme ne fut mieux doué pour franchir cet intervalle, plein d'embûches et de soucis, qui sépare dans les sciences physiques la conception et le programme d'une expérience de sa réalisation : son esprit fécond imaginait mille moyens de tourner les obstacles, et chaque difficulté qui se dressait devant lui donnait matière à son génie pour se déployer dans des solutions élégantes et variées.

Mais ce qui semble caractériser surtout la tournure d'esprit et le génie propre de l'illustre physicien, c'est une hardiesse singulière à aborder par les faits décisifs les

problèmes obscurs et controversés de la mécanique et de la physique, un sentiment infaillible de ce que l'on peut demander à l'expérimentation sans dépasser son pouvoir, un coup d'œil sûr pour diriger ces interrogations sans risquer d'aboutir à des voies sans issue. Il ne faudrait pas demander à Foucault, comme à un Regnault ou à un Magnus, des déterminations numériques patientes et délicates sur les chaleurs spécifiques ou les tensions des vapeurs. Mais s'agit-il d'une de ces expériences propres à trancher un doute capital, d'une de ces conséquences que la théorie annonce, mais que l'impuissance de nos moyens pratiques semble rejeter hors du domaine des faits réalisables? Il marche au but sans s'effrayer et se dégage à force d'habileté des écueils les plus redoutables.

Cette marque se trouve à tous les grands travaux de Foucault. Assurément, les expériences de diffraction et d'interférences par lesquelles Fresnel a si bien fondé les principes de l'optique autorisaient toute confiance; mais dans ces manifestations de l'éther, on n'avait jamais vu en prise que des ondes séparées par des retards très faibles, et bien peu d'esprits s'imaginaient qu'on pût aller au-delà. Dès ses premiers travaux, Foucault se pose ce difficile problème, et montre à la science trop timide que l'on peut réaliser l'interférence de mouvements vibratoires séparés par des milliers de longueurs d'ondulation. — Les méthodes de Rœmer et de Bradley, tout en mettant hors de doute la propagation successive de la lumière, avaient établi qu'elle s'effectue avec une si énorme vitesse qu'il semblait impossible de trouver sur le globe une base suffisante pour la mesurer directement; à plus forte raison, de saisir sa valeur sur un espace de quelques mètres carrés: aussi le projet d'Arago paraissait destiné à rester une conception ingénieuse et irréalisable. Pourtant, séduit par la grande portée théorique et les côtés épineux de ce programme, Foucault le réalise par une combinaison merveilleuse de simplicité, porte un dernier coup au système de l'émission,

assigne à la vitesse de la lumière une valeur remarquablement exacte, et par là démontre la nécessité de modifier la parallaxe du soleil.

La même remarque s'applique à la rotation de la terre. Poisson, qui avait aperçu dans les formules de la mécanique l'indice d'une déviation du plan d'oscillation du pendule, jugeait ses effets trop petits pour être jamais observés. Grâce à une appréciation plus sûre de la portée de nos moyens d'expérience, à des ressources infinies dans l'art de surmonter les difficultés de cet ordre, Foucault montre que c'est là une des manifestations les plus apparentes du mouvement diurne de notre globe. Qui eût songé, avant ce rare succès, à retrouver les traces de ce mouvement dans les déviations de l'axe d'une toupie librement suspendue? Et cependant, ici encore, le bonheur du résultat récompensait l'audace du théoricien et l'adresse ingénieuse de l'expérimentateur.

Dans les travaux de Foucault sur les interférences calorifiques comme dans ses recherches sur la loi de Faraday, comme dans ses magnifiques études sur la construction des réflecteurs paraboliques, partout enfin, l'on retrouvera cette alliance de vues théoriques justes avec une habileté de manipulation sans rivale ; d'audace pour interroger l'expérience sur les points les plus énigmatiques et les plus délicats, avec une puissance et un bonheur singuliers pour lui arracher la réponse.

PH. GILBERT,
de l'Université catholique de Louvain.

LA COSMOGONIE BIBLIQUE

D'APRÈS LES PÈRES DE L'ÉGLISE

Le premier chapitre de la Genèse est un frontispice digne de la grandeur des saintes Écritures. En quelques mots, il pose toutes les bases de la théologie, il détruit toutes les erreurs du monde ancien, et il établit tous les dogmes fondamentaux de la religion : unité de Dieu, création *ex nihilo*, Providence, unité de l'espèce humaine, dépendance de l'homme envers son auteur, condamnation du polythéisme, du naturalisme et du matérialisme.

L'importance de la cosmogonie biblique l'a rendue dans tous les temps l'objet de longues études, mais chaque époque l'a considérée à son point de vue particulier. De nos jours, elle nous intéresse surtout par son côté scientifique ; dans les commencements du Christianisme, c'était principalement le côté théologique qui attirait l'attention (1). A l'époque

(1) Voir S. Jean Chrysost. *Hom* II *in Gen.* 13, Migne, Patr. gr. t. LIII, col. 30; S. Ephrem, *Opera syriaca*, Rome, 1737, t. I, p. 1. D. 2 sq., A 3 sq. ; S. Ambroise, *Hexaem.* I, c. 1-3 surtout n. 5, Migne, Patr. lat. t. XIV, col. 124 et suiv. « Divino Spiritu prævidens sanctus Moyses hos hominum errores fore et forte jam cœpisse, in exordio sermonis sui sic ait : *In principio fecit Deus cœlum et terram...* Quam bonus ordo, ut illud primum assereret quod negare consueverunt, et cognoscerent principium esse mundi. » Theodoret. Cyr. *Quæst.* I *in Gen.* Patr. gr. t. LXXX, col. 77 ; S. Cyrill. Alex. *Cont. Jul.* l. II, Patr. gr. t. LXXVI, col. 577.

où vivaient les Pères, les fausses doctrines que flétrit Moïse étaient encore vivaces ; ils devaient les déraciner. C'est là ce qu'ont fait les docteurs chrétiens. Déjà les plus anciens d'entre eux avaient été ravis d'admiration par le premier chapitre de la Genèse et ils firent très bien ressortir, dans leurs controverses avec les païens et avec les hérétiques, la supériorité de la cosmogonie biblique sur les cosmogonies mythologiques et philosophiques de la Grèce et de Rome, de même que sur les cosmogonies gnostiques (1). S. Théophile d'Antioche, qui, après s'être converti du polythéisme à la religion chrétienne, était devenu évêque de cette ville, parle avec un véritable enthousiasme du récit de la création, dans l'ouvrage le plus ancien qui nous soit resté des Pères sur l'Hexaméron (2) ; il rapporte tout au long le premier chapitre de la Genèse dans sa défense du Christianisme contre le païen Autolycus, et il consacre la plus grande partie du second livre de son apologie à exposer les beautés de la cosmogonie mosaïque. Les erreurs païennes se dissipent comme de vains fantômes devant cet exposé radieux de la vérité.

« Tous les systèmes antiques avaient soulevé tour à tour (le problème de l'origine des choses) et les philosophies diverses n'avaient été que des cosmogonies ingénieuses ou grossières. A côté des solutions essayées par les livres de l'homme, le livre de Dieu, la Bible, avait donné la sienne et (les Pères désiraient) en faire ressortir la supériorité. Aux

(1) Sur les systèmes gnostiques contraires à la vraie notion de la création voir Cruice, *Essai critique sur l'Hexaemeron de S. Basile*, 1844, p. 9-11.

(2) S. Théoph. Ant. *ad Autolycum*, l. II, c. XIII, Migne, Patr. gr. t. VI, col. 1069-1071 : « Personne parmi les hommes, dit-il, n'est capable de faire dignement le récit et d'exposer toute l'économie de l'œuvre des six jours, eût-il mille bouches et mille langues. Celui-là même qui vivrait plusieurs siècles ne pourrait s'élever à la grandeur merveilleuse et à l'incomparable richesse de la sagesse que Dieu a déployée dans la création. Beaucoup d'écrivains ont tenté l'entreprise : les uns ont essayé de raconter la création du monde, les autres l'origine de l'homme, et peut-être n'en est-il pas un qui ait fait jaillir une étincelle digne de la vérité. »

païens jusqu'ici bercés dans les poétiques imaginations d'Hésiode et d'Ovide, aux philosophes égarés par les théories de Platon, de Zénon, d'Épicure et de Lucrèce, il fallait présenter le dogme d'un Dieu libre, tout-puissant, éternel et unique créateur du ciel et de la terre. Aux manichéens, prévenus de l'idée que la création matérielle est mauvaise et absolument indigne de la Divinité, il fallait justifier la merveilleuse beauté de ce travail surhumain, et y faire voir ses rapports avec le monde surnaturel et la vie des âmes (1). »

C'est l'œuvre qu'accomplirent les Pères. Bossuet a résumé leur enseignement d'une manière admirable, dans une page de son *Discours sur l'histoire universelle* qui n'est guère qu'une traduction de leurs propres paroles :

« La conduite de Dieu (dans la création) nous fait voir que tout sort immédiatement de sa main. Les peuples et les philosophes qui ont cru que la terre, mêlée avec l'eau, et aidée, si vous voulez, de la chaleur du soleil, avait produit d'elle-même, par sa propre fécondité, les plantes et les animaux, se sont grossièrement trompés. L'Écriture nous fait entendre que les éléments sont stériles si la parole de Dieu ne les rend féconds. Ni la terre, ni l'eau, ni l'air, n'auraient jamais eu les plantes ni les animaux que nous y voyons, si Dieu, qui en avait fait et préparé la matière, ne l'avait formée par sa volonté toute-puissante, et n'avait donné à chaque chose les semences propres pour se multiplier dans tous les siècles. Ceux qui voient les plantes prendre leur naissance et leur accroissement par la chaleur du soleil, pourraient croire qu'il en est le créateur; mais l'Écriture nous fait voir la terre revêtue d'herbes et de toutes sortes de plantes avant que le soleil ait été créé, afin que nous concevions que tout dépend de Dieu. Il a plu à ce grand Ouvrier de créer la lumière, avant même de la réduire à la forme qu'il lui a

(1) Baunard, *Histoire de S. Ambroise*, l. VII, c. 1, 1871, p. 175-176.

donnée dans le soleil et dans les astres, parce qu'il voulait nous apprendre que ces grands et magnifiques luminaires, dont on a voulu faire des divinités, n'avaient par eux-mêmes ni la matière précieuse et éclatante dont ils ont été composés, ni la forme admirable à laquelle nous les voyons réduits. Enfin, le récit de la création, tel qu'il est fait par Moïse, nous découvre ce grand secret de la véritable philosophie, qu'en Dieu seul réside la fécondité et la puissance absolue... Si selon l'ordre établi dans la nature, une chose dépend de l'autre, par exemple, la naissance et l'accroissement des plantes, de la chaleur du soleil, c'est à cause que ce même Dieu qui a fait toutes les parties de l'univers, a voulu les lier les unes aux autres, et faire éclater sa sagesse par ce merveilleux enchaînement (1). »

Cependant il était impossible aux docteurs chrétiens d'exposer la cosmogonie biblique sans toucher à la science. La Genèse y touche elle-même. Pour combattre les erreurs des philosophes païens, il fallait aborder leurs théories physiques ; pour déraciner le culte des astres, il était indispensable de parler de l'astronomie ; pour enseigner aux fidèles à bien vivre et leur donner des leçons utiles, en expliquant la création, le prédicateur devait se faire un moment naturaliste, et donner au peuple, à propos de la création des animaux, les leçons morales rehaussées de détails techniques et d'anecdotes piquantes qui lui ont toujours été si chères. L'homme, dans tous les temps, a été fort curieux des choses de la nature, et les mystères du monde animal ont toujours excité un vif intérêt, comme le témoignent, entre autres, ces livres singuliers qui portent le titre significatif de *Bestiaires*. Voilà les motifs qui ont obligé les docteurs chrétiens à faire un peu de science, quoique leur enseignement fût, avant tout, dogmatique et moral.

Mais en pénétrant dans le domaine des connaissances

(1) Bossuet, *Discours sur l'histoire universelle*, IIe part., ch. I, Œuvres, édit. Lebel, t. XXXV, p. 160-162.

humaines, il faut le remarquer avec soin, les Pères n'avaient plus le secours de la révélation, et ils étaient abandonnés à leurs propres lumières. Il y a une religion révélée, mais il n'y a pas une science révélée. Cela est tellement vrai que les idées scientifiques que nous rencontrons dans les œuvres des Pères sont empruntées, presque toutes, non pas à la Bible, mais aux philosophes grecs et à des sources profanes. Dieu n'a pas voulu nous apprendre dans la sainte Écriture la physique et la chimie, il s'est proposé seulement de nous donner les moyens de sauver notre âme. Comme l'a très justement observé S. Thomas, quand la Bible parle de la nature, elle se conforme au langage populaire : « Considerandum est quod Moyses rudi populo loquebatur, quorum imbecillitati condescendens illa solum eis proposuit quæ manifeste sensui apparent (1). »

Le premier chapitre de la Genèse fait seul exception ; car, quoiqu'il soit susceptible d'interprétations diverses, il nous semble que le sujet même qu'il traite implique, dans ses grandes lignes, un fonds réellement scientifique. Mais ce qu'il nous apprend, très important en soi, est peu de chose relativement au vaste domaine de la science.

Tout se résume en effet dans les points suivants, confirmés par les découvertes géologiques et paléontologiques : Il y a eu, dans l'œuvre créatrice, une gradation ascendante. Dieu a créé d'abord la matière. Il a tiré ensuite le monde du chaos. Il a produit en premier lieu les êtres inférieurs, puis les êtres supérieurs ; en s'élevant du moins parfait au plus parfait, du règne minéral au règne végétal, du règne végétal au règne animal et du règne animal au règne humain. Hors de là, Moïse ne nous fait rien connaî-

(1) *Summ.*, I, 68, art. 3. Répété I, 70, ad 3m. Il n'y a, d'ailleurs, aucune erreur scientifique dans la Bible, pas plus qu'il n'y a d'erreur historique ou autre. Les locutions populaires sur le mouvement du soleil et autres de ce genre, par exemple, ne sont pas des erreurs. Ce sont des locutions, reçues dans le langage ordinaire, qui n'ont pas la prétention d'être des axiomes scientifiques.

tre de précis sur la nature des choses (1). Si donc les Pères faisaient, par occasion, de la science proprement dite, ils n'avaient aucune lumière spéciale dans les livres saints, à part l'ordre de la création ; ils parlaient en conséquence, non point comme dépositaires et témoins de la tradition catholique, mais comme docteurs particuliers, et leurs assertions sont par là même purement personnelles et n'engagent en aucune manière la responsabilité de l'Église. Leur témoignage fait autorité en matière de dogme et de morale; il ne fait pas autorité en matière de science. La Providence avait suscité ces grands hommes pour propager le christianisme et en conserver la doctrine dans sa pureté et dans son intégrité, non pour faire progresser la physique ou créer la géologie. Nous ne rencontrons parmi eux ni un Copernic ni un Cuvier. Leur science était celle de leur

(1) « Advertendum est, dit le P. H. Hurter, S. J., 1° Moysis scopum non fuisse, tradere prælectiones doctas de astronomia, geologia, zoologia seu generatim de disciplinis naturalibus, sed institutionem tradere voluisse religiosam vulgi captui accommodatam ;.. 2° de hisce loquitur non more physicorum et doctorum, sed concipiendi loquendique morem sequitur populi... 4° Inde sequitur longe pauciora esse themata seu argumenta communia cosmogoniæ mosaicæ et disciplinis naturalibus, ac plures contendere solent. Aliud tractat Moyses, circa aliud occupantur disciplinæ naturales ; ille disserit de rerum *initiis*, de quibus scientia naturalis suis observationibus innixa nihil certi statuere potest ; hæc observat phænomena, inquirit in leges, secundum quas ordo præsens regitur, de quibus non est sollicitus Moyses ; quare ipse, ut nonnemo acute loquitur, *præfationem* veluti scripsit ad disciplinas naturales, exponens rerum exordia ; quæ hæc consecuta sunt, relinquit indaganda physicis peritis, secundum illud Ecclesiastici III, 11 : *Mundum* (utique prout modo existit a parte rei) *tradidit disputationi eorum.* » *Theologiæ dogmaticæ Compendium*, Innsprück, 1877, t. II, p. 173-174, Tract. VI, pars II, sect. I, p. 198.—Cf. S. Cyrille d'Alexandrie, *Cont. Julian*, l. II, Patr. gr. t. LXXVI, col. 577. — « Moïse sans doute, a dit l'abbé Bayle, (*S. Basile, archevêque de Césarée*, 1878, p. 398-399,) n'a pas écrit l'histoire de la création du monde pour accroître la somme de nos connaissances scientifiques. En inspirant les écrivains sacrés, Dieu n'a voulu nous révéler que les vérités de l'ordre surnaturel, parce qu'elles dépassent la portée de notre esprit et que nous avons besoin qu'il nous les enseigne lui-même. Quant aux choses de ce monde, il les a livrées à nos investigations. Pour connaître les phénomènes physiques, ce n'est pas la Bible qu'il faut interroger, c'est la nature. S. Basile a très bien dit que Moïse a écrit pour nous rendre plus religieux, et non pour nous rendre plus savants. »

siècle, et par conséquent, une science défectueuse (1).

La cosmogonie des Pères n'en mérite pas moins d'être étudiée. Il est clair, d'après ce que nous venons de dire, que ce n'est point à cause de sa valeur scientifique elle-même ; c'est à cause de l'usage qu'on veut en faire aujourd'hui contre la Bible et contre le catholicisme.

Ce qui, aux premiers siècles de l'Église, était l'accessoire, dans le premier chapitre de la Bible, est devenu à plusieurs égards, dans notre siècle, le principal. Les progrès merveilleux de l'astronomie, de la physique, de la géologie, ont attiré de nos jours l'attention générale sur le premier chapitre de la Genèse. Est-il d'accord avec les découvertes contemporaines? Les croyants répondent oui. Les incrédules disent non, et ils allèguent, comme un argument en leur faveur, l'exégèse des Pères. Quand les savants chrétiens affirment que la cosmogonie des Hébreux, bien entendue, comporte une série d'époques successives, pendant lesquelles se sont formées les couches diverses de la terre avec les fossiles qui les caractérisent, les ennemis de la religion crient à la nouveauté dans l'interprétation, et prétendent que nous sommes en contradiction avec la tradition ecclésiastique.

Il importe donc de rechercher quelle est la véritable cosmogonie des Pères et quels devoirs elle impose à l'exégèse contemporaine. C'est le but des pages qui vont suivre. Elles prouveront que la tradition patristique, non plus que l'autorité de l'Église, n'a jamais déterminé et fixé le sens scientifique du premier chapitre de la Genèse. Les Pères l'ont entendu, les uns dans un sens, les autres dans un autre ; par conséquent il n'existe pas, à proprement parler, d'interprétation traditionnelle de la cosmogonie mosaïque et

(1) Voir Mgr Freppel, *Les Apologistes chrétiens au IIe siècle*, 1860, p. 268. Au IVe siècle, les sciences naturelles n'étaient encore qu'au berceau et il est juste d'appliquer aux Pères ce que disait Sénèque sur ce sujet : «Cum excusatione veteres audiendi sunt : nulla res consummata est dum incipit. Nec in hac tantum re omnium maxima atque involutissima in qua, etiam quum multum actum erit, omnis tamen ætas quod agat inveniet, sed in omni alio negotio longe semper a perfecto fuere principia. » *Quæst. nat.* VI. 5.

l'exégète de nos jours a le droit de choisir l'interprétation qui lui paraît la plus conforme aux données de la véritable science. Nous pouvons même ajouter que si les anciens écrivains ecclésiastiques ne se sont pas mis d'accord sur la manière dont il fallait expliquer le récit mosaïque, c'est parce qu'ils ne se trouvaient qu'en face d'hypothèses non démontrées, c'est parce qu'ils manquaient du commentaire autorisé que nous fournissent aujourd'hui la géologie et la paléontologie. Le théologien de notre siècle ne fait que marcher sur leurs traces et se conformer à leurs principes en interprétant la parole de Dieu à l'aide des lumières que lui fournit la science. De même qu'il a le devoir de mettre à profit les découvertes archéologiques, historiques, géographiques, pour expliquer des passages jusqu'ici restés obscurs ou même mal compris, de même est-il obligé de se servir des découvertes scientifiques, quand elles sont certaines, pour fixer le sens des endroits de la Bible qu'elles peuvent éclaircir. En ce point, au lieu d'être infidèle à la tradition de l'Église, il ne fait que suivre les exemples du passé.

Pour traiter notre sujet avec ordre et mettre le lecteur en état de suivre plus aisément la filiation des idées, nous étudierons successivement les Pères orientaux et les Pères latins; et, parmi les Pères de l'Église d'Orient, nous distinguerons d'abord l'école d'Alexandrie, puis les écoles syriennes et enfin les Pères cappadociens, saint Basile, saint Grégoire de Nazianze et saint Grégoire de Nysse avec leurs imitateurs. Tous les auteurs ecclésiastiques, qui ont écrit en grec ou en syriaque, se rattachent historiquement à l'un de ces trois groupes.

Dans l'exposé de la cosmogonie des Pères, nous ne relèverons pas tous les détails ; ce serait aussi long et fastidieux qu'inutile; nous choisirons seulement ceux qui sont propres à servir à notre dessein et, en particulier, la manière dont ils ont entendu les jours de la création (1).

(1) Sur les Hexamérons des auteurs ecclésiastiques imprimés, manuscrits ou perdus, voir I. Bekker, dans Migne, Patr. gr., t. XCII, col. 1385-1399.

I.

ÉCOLE D'ALEXANDRIE.

Pour nous rendre compte de la manière dont les plus anciens écrivains ecclésiastiques entendirent le récit mosaïque de la création, il nous faut remonter au delà de l'ère chrétienne et examiner brièvement comment l'expliquèrent les Juifs alexandrins, parce que ce fut dans leurs écrits que les premiers Pères de l'Église puisèrent en partie leurs idées.

L'école judéo-alexandrine et surtout Philon, son principal représentant, celui qui exerça le plus d'influence sur les interprètes de la sainte Écriture, au commencement du christianisme, adoptèrent, comme système d'exégèse, la méthode allégorique.

Le plus ancien auteur judéo-alexandrin, dont il nous soit resté des fragments, Aristobule, avait composé en grec un commentaire sur le Pentateuque, qu'il dédia à Ptolémée-Philométor. Il vivait vers l'an 150 avant Jésus-Christ. Il considérait la description de l'œuvre des six jours dans la Genèse comme une allégorie signifiant l'ordre et la succession qui règne dans le monde. La création de la lumière, accomplie le premier jour, ne lui paraissait pas, au fond, différente du repos du septième jour. Il admettait donc ce qu'on appelle la création simultanée, c'est-à-dire une création accomplie en un seul instant, sans aucun intervalle ni aucune distinction de jours ou d'époques (1).

L'allégorisme qu'il légua à la communauté juive d'Alexandrie, prit dans les écrits de Philon, contemporain de Notre-Seigneur, les plus vastes proportions. Phi-

(1) Voir L. G. Valckenaër, *Diatribe de Aristobulo Judæo*, Lugd. Batav., 1806, in-4°, p. 21, 69 et suiv. Cf. Origène, *contra Celsum*, IV, 51, où il loue Aristobule et Philon et leur méthode allégorique. Migne, Patr. gr., t. XI, col. 1112, et la note 91, *ibid.*, qui reproduit les passages des anciens sur Aristobule.

lon était un fauteur enthousiaste des doctrines de Platon. Il s'était tellement imprégné des idées du philosophe grec qu'on disait de lui, à Alexandrie : *Vel Plato philonizat vel Philo platonizat.*

Pour concilier les idées platoniciennes avec la Bible, il interprétait cette dernière dans un sens allégorique, quand le sens littéral ne se prêtait pas, à son gré, à ses spéculations. Nous avons de lui un livre *De mundi creatione secundum Mosen*, qui n'est guère qu'un commentaire allégorique du premier chapitre de la Genèse. Les *Duo libri Sacræ Legis allegoriarum* en sont la continuation. D'après le philosophe juif, le récit de la création du monde, de l'homme et du paradis terrestre n'est qu'un symbole et une figure. A des considérations élevées et exposées avec éloquence, il mêle toutes sortes de subtilités empruntées à la cabale et à la philosophie de son temps, telle qu'on l'enseignait à Alexandrie, dans cette « Babel de l'érudition profane (1). »

Le premier chapitre de la Genèse n'est qu'une allégorie. Philon regarde le chiffre des six jours de la création comme purement symbolique; il n'a aucune valeur réelle (2). Le nombre six est celui de la perfection, parce qu'il renferme six unités, deux trinités et trois dualités, le principe mâle et le principe femelle combinés ensemble. En disant que le monde a été créé en six jours, Moïse veut donc seulement exprimer par une métaphore l'ordre parfait qui règne dans l'univers. « Ce serait simplicité extrême de penser, dit Philon au commencement de ses allégories de

(1) Villemain, du *Polythéisme*, en tête du *Tableau de l'éloquence chrétienne au IVe siècle*, 1861, p. 53.

(2) « Quand tu entends (Moïse dire) : (Dieu) acheva ses œuvres le sixième jour, tu ne dois pas t'imaginer qu'il s'agit d'un intervalle de jours, mais du nombre parfait, six. » Philon, *Sacræ Legis Allegor.*, l. I, Opera, édit. Turnebe, p. 41. Paris, 1640. — Aujourd'hui encore, en arithmétique, on appelle *nombre parfait* un nombre égal à la somme de ses diviseurs. 6 est le premier des nombres parfaits ; 28 est le second ; ils croissent ensuite très rapidement.

la loi (1), que le monde a été créé en six jours (réels) ou même en général dans un temps quelconque. » Cette idée de Philon mérite d'être soigneusement remarquée, parce qu'elle fit loi pour tous les interprètes qui commentèrent après lui, à Alexandrie, la cosmogonie biblique.

Les premiers écrivains chrétiens admirent l'explication allégorique que leur transmettait la synagogue et dont Philon était le principal interprète (2). L'Église reconnaît l'existence du sens spirituel dans les saintes Écritures, mais elle n'approuve pas les excès de ceux qui lui ont sacrifié le sens littéral, comme la question que nous étudions ici nous en offrira des exemples.

Les Pères de l'âge apostolique, toujours sur la brèche pour la défense de la foi, ne purent écrire que quelques lettres ou quelques pages rapides, dans lesquelles ils n'eurent point à s'occuper directement de la cosmogonie mosaïque. Mais, dès le second siècle, elle fut l'objet de plusieurs études spéciales. S. Jérôme dans son *Catalogue des auteurs ecclésiastiques* et Eusèbe dans son *Histoire* nous ont conservé les noms de Papias, de Rhodon, disciple de Tatien, de Candide, d'Appion, de Maxime qui avaient écrit sur l'œuvre des six jours. Malheureusement leurs traités sont perdus, de même que celui que S. Justin, martyr, avait composé sur le même sujet, d'après Anastase le Sinaïte (3).

(1) Εὐηθὲς πανὺ τὸ οἴεσθαι ἓξ ἡμέραις, ἢ καθόλου χρόνῳ κόσμον γεγονέναι. *Sacræ Legis Allegoriarum* liber I. édit. Turnebe, p. 41. Philon avait dit la même chose dans son *De mundi opificio*, p. 3, 14. Nous lisons p. 14 : Τότε... ἅμα πάντα συνίστατο. Συνισταμένων δι' ὁμοῦ πάντων κ. τ. λ.

(2) « Istam interpretandi (allegoricam) rationem a Judæis didicisse Christianos, dit Valckenaër. Primus et hic auctor citari poterit Aristobulus, cui Alexandriæ sæpe fuit cum eruditis e Musæo disputandum. Secundus Philo. » *Diatribe de Aristobulo Judæo*, p. 69. — Le système allégorique de Philon et ses théories sur les nombres ont été admis notamment par le plus ancien Père de l'Église dont l'explication du premier chapitre de la Genèse nous soit restée, S. Théophile d'Antioche. Voir Mgr Freppel, *Les Apologistes chrétiens au* IIe *siècle*, 1860, p. 270 et suiv.

(3) Anast. Sin. *Anag. Contempl. in Hexaem.* l. VII, init. Migne, Patr. gr.

Les premiers monuments chrétiens qui nous restent sur la cosmogonie biblique ont été écrits sur les lieux mêmes où avait fleuri Philon, à Alexandrie (1). Quand la science de la religion nouvelle fut éclose dans l'école célèbre qui porte le nom de cette ville, les maîtres fameux qui la dirigèrent ne tardèrent pas à examiner le premier chapitre de la Genèse. L'école d'Alexandrie accepta non seulement le principe général de l'allégorisme, mais aussi la plupart des sens symboliques particuliers admis par Philon, dont le souvenir était toujours vivant en Égypte et dont les écrits étaient lus avec ardeur. L'historien de Philon, M. Siegfried, a écrit avec une teinte d'exagération, mais non sans un fond de vérité : « (Le système allégorique de Philon), avait absorbé, comme un immense réservoir, tous les petits ruisseaux de l'exégèse biblique à Alexandrie pour déverser ensuite ses eaux dans les rivières et les canaux à mille bras, de l'interprétation juive et chrétienne des saintes Écritures (2). »

t. LXXXIX, col. 942. Voir aussi col. 962 et 966. — S. Hippolyte avait aussi composé un commentaire sur la Genèse, mais il ne nous en reste que très peu de fragments. Ils ont été réunis par M. Paul de Lagarde, Hippolyti Romani quæ feruntur omnia græce ; Leipzig, 1858, p. 123 et suiv.

(1) A part ce qu'en dit S. Théophile d'Antioche, dont nous dirons un mot ailleurs.

(2) C. Siegfried, *Philo von Alexandria als Ausleger des alten Testaments*, 1875, p. 27. – Le fait des emprunts faits directement ou indirectement par les Pères à Philon est universellement admis. Voir Mgr Freppel, *Clément d'Alexandrie*, 1865, p. 125, 428-429, etc. ; l'abbé Biet, *Essai historique et critique sur l'école juive d'Alexandrie*, Paris 1854, p. 299-341, qui le prouve en détail. — Anastase le Sinaïte place le *De mundi creatione* de Philon au même rang que les Hexamérons des Pères, *Contempl. anag.* l. VII, t. LXXXIX, col. 956, 961, et S. Jérome a mis cet écrivain dans son *Catalogue des auteurs ecclésiastiques* (cap. XI). A la suite de Philon, « la plupart des chrétiens d'Alexandrie (affirmèrent donc), dit M. Cruice, que les six jours n'étaient que la représentation mystique de la puissance du nombre six .. Réduisant à une belle allégorie toute la narration de Moïse, ils ne (donnèrent) à l'Être suprême qu'un seul instant pour tout enfanter ; ils pensaient lui attribuer ainsi une action plus en harmonie avec sa puissance et son immutabilité, et rendant cette action unique et générale, ils en voyaient l'accomplissement dans ces premières paroles de la Genèse : Au commencement Dieu créa le ciel et la terre. Le

Les théologiens de l'école d'Alexandrie acceptèrent ainsi, pour citer un exemple qui nous sera plus tard utile, la symbolique des nombres de l'auteur juif : l'unité fut considérée comme le nombre de la vertu ; deux fut celui de la division et du mal ; cinq, celui des sens et de la sensualité ; six et dix celui de la perfection (1). Un emprunt plus important que nous avons déjà indiqué, ce fut l'adoption de son sentiment sur la création simultanée.

Il faut cependant se garder d'affirmer que les chrétiens acceptèrent tout entière et les yeux fermés la tradition philonienne : ils n'eurent garde d'admettre que la matière était incréée comme faisaient les Juifs Alexandrins, qui se mettaient sur ce point en contradiction avec les saintes Écritures (2) ; ils enseignèrent tous, au contraire, de la manière la plus expresse, que Dieu était le créateur comme l'ordonnateur du monde. Leur cosmogonie se distingue

fragment de S. Justin conservé par Anastase le Sinaïte et mentionné plus haut peut servir à expliquer cette opinion mystique des Alexandrins, et à fortifier la conjecture qui rendrait cette opinion commune aux chrétiens de la primitive Église. S. Justin suppose que la création, la nature entière, les différents êtres, chaque genre et chaque espèce, en particulier, se divisent par le nombre six, qui est, à la fois, dans la pensée de Dieu, le chiffre générateur des substances et régulateur des modes. Il résulte de cette explication que la création des six jours n'est qu'une magnifique classification dans laquelle les œuvres de la Providence sont rangées suivant leur grandeur et leur beauté, et, se manifestant sur une ligne progressive, vont de l'inanimé à l'organisé, de l'organisé à l'insensible, de l'insensible à l'instinctif, de l'instinctif à l'homme. Il est probable que telle fut l'opinion de la plupart des néoplatoniciens et de ces nombreux disciples d'Ammonius qui demandaient que la religion chrétienne s'accommodât avec leurs systèmes philosophiques. Tertul. *De Præscript.* c. 7, Cf. Mosheim, *Hist. Eccles.*, sæc. III, p. 11. » — Cruice, *Essai critique sur l'Hexaemeron de S. Basile*, p. 45-46.

(1) Zöckler, *Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft*, t. I, p. 99. Clément d'Alex. *Stromat.* V, 14, Migne, Pat. gr. t. IX, col. 137, VI, 16, ib. col. 368. S. Basile a condamné l'abus qu'on faisait des nombres, *Hom. I in Hexaem*, 2, 3, 11. La symbolique philonienne des nombres se trouve déjà dans l'Hexameron de S. Justin, dans le fragment qu'en a conservé Anastase le Sinaïte, ainsi que nous l'avons remarqué plus haut. Cf. Aug. *De Civ. Dei*, l. XI. c. XXX, édit. Gaume, t. VII, col. 475.

(2) Les savants sont en désaccord sur la question de savoir si Philon admettait l'éternité de la matière. Il y a lieu de croire qu'il l'admettait en effet.

aussi de celle de Philon par son caractère christologique. Les Pères, à la suite de saint Paul, leur maître, voient partout le type du Christ, rédempteur des hommes.

Mais nous n'avons pas à nous arrêter ici à ces différences essentielles. Après les avoir signalées en passant et après avoir indiqué en quoi les Juifs hellénistes ont influé sur l'école chrétienne d'Alexandrie, il est temps de faire connaître la cosmogonie de cette école elle-même, si célèbre dans l'Église sous le nom de Didascalée.

Le premier maître du Didascalée dont les opinions sur le premier chapitre de la Genèse nous soient connues par ses propres écrits (1) est Clément d'Alexandrie, mort vers 217. D'après lui, Dieu a créé le monde de toute éternité et il le crée sans cesse. Le monde n'a pas été créé dans le temps, mais le temps est né avec le monde. Toutes les créatures ont été produites à la fois (2) ; la distinction des six jours dans le récit mosaïque n'indique pas une succession réelle du temps, c'est une manière de parler au moyen de laquelle l'auteur inspiré s'accommode à notre intelligence et à notre façon de concevoir les choses : il nous représente de la sorte l'échelle graduée des êtres qui composent l'univers. Le jour dans lequel Dieu crée le monde, c'est le Verbe (3).

Le disciple de Clément, Origène (185-254), est le représentant principal de l'école d'Alexandrie et celui dont les idées, malgré le discrédit qui s'attacha depuis à son nom, ont exercé l'influence la plus étendue sur les auteurs ecclésias-

(1) S. Pantène, le maître de Clément, philosophe stoïcien, converti au christianisme, avait composé, d'après Anastase le Sinaïte, un Hexaméron, aujourd'hui perdu. Anast. Sin. *Contempl. in Hexaem.* l. VII, Patr. gr. t. LXXXIX, col. 962.

(2) *Strom*, VI, 16 ; Migne, Patr. gr., t. IX, col. 369 et 376. Cf. à la fin de ce volume de la Patr. gr., Le Nourry, Dissert. II, c. VIII, art. I : « Mundum totum simul, nullo interjecto temporis spatio, a Deo creatum, » col. 1147-1149. Le savant bénédictin remarque, col. 1149, que Clément, comme plus tard Origène, avait emprunté à Philon cette opinion sur la création simultanée.

(3) Ἡμέρα γὰρ εἴρηται ὁ Λόγος. *Strom.* VI, 16, t. IX, col. 376.

tiques (1). Doué d'un génie merveilleux et d'une puissance de travail en quelque sorte inépuisable, il commenta l'Écriture sainte tout entière et l'étudia, pour ainsi parler, sous toutes ses faces, de telle sorte qu'il créa une tradition exégétique dont nous retrouverons l'empreinte chez la plupart des commentateurs qui sont venus après lui.

Une partie notable de ses nombreux écrits est aujourd'hui perdue, mais nous possédons encore une traduction latine de son exposition de la Genèse, dont la première homélie traite de l'œuvre des six jours ; nous avons aussi de lui quelques fragments de son Commentaire sur la Genèse ; enfin le livre IV *De Principiis* et son *Traité contre Celse* contiennent plusieurs pages sur la création.

Comme Philon, comme Clément, son maître, Origène croit que l'univers a été créé tout à la fois. Il cherche la preuve de sa théorie de la création simultanée dans l'œuvre du quatrième jour. Il est impossible, pense-t-il, de concevoir des jours avec un soir et un matin, sans soleil et sans lune, par conséquent ce que Moïse appelle les trois premiers jours cosmogoniques, ce ne sont pas des durées, un temps, c'est une figure qui exprime la gradation des êtres. « Quel homme doué de bon sens, demande-t-il, croira qu'il a pu y avoir un premier, un second, un troisième jour, un soir et un matin, sans soleil, sans lune et sans étoiles (2) ? »

(1) Voir Tillemont, *Mémoires pour servir à l'histoire ecclésiastique*. t. III, p. 585 : « Je crois qu'on peut assurer que depuis lui jusqu'à S. Chrysostome, tous ceux qui ont travaillé avec quelque estime sur l'explication des Écritures, ont été ses disciples et n'ont guère dit que ce qu'ils avaient appris de lui. »

(2) Origène, *De principiis* l. IV, 16, Migne, Patr. gr. t. XI, col. 376-377 ; Τίς γοῦν νοῦν ἔχων οἰήσεται πρώτην καὶ δευτέραν καὶ τρίτην ἡμέραν. ἑσπέραν τε καὶ πρωΐαν χωρὶς ἡλίου γεγονέναι, καὶ σελήνης καὶ ἄστρων ; — Justinien blâme ce passage d'Origène à la fin de sa lettre à Ménas, *Liber adversus Origenem*, Migne, Patr. gr. t. LXXXVI, 1, col. 989. — La même opinion se trouve reproduite en termes analogues dans un fragment du Commentaire sur la Genèse qu'on croit être d'Origène, Migne, Patr. gr. t. XII, col. 97.

Cette observation d'Origène est digne de remarque : la conclusion qu'il prétend en tirer n'est pas exacte, mais le fond même en est juste : le mot jour est employé dans un sens figuré dans le récit de la création de même que les autres locutions bibliques employées par l'auteur sacré au commencement de la Genèse, Le docteur alexandrin cite ces locutions à la suite du passage que nous venons de rapporter, pour établir qu'à son sens le récit de la création est une allégorie. Ce sont les suivantes : Dieu plante des arbres dans le paradis terrestre, il se promène le soir, etc. (1). Elles sont évidemment figurées ; le mot jour l'est également.

Origène entend aussi de la création simultanée le verset 4 du ch. II de la Genèse. Celse, s'appuyant sur l'argument que nous venons de voir employé par Origène lui-même, disait pour attaquer la foi chrétienne : « Il n'y a rien de plus ridicule que de partager la création du monde en plusieurs jours avant qu'il y eût des jours ; car comment pouvait-il y en avoir avant que les cieux fussent faits, que la terre fût bâtie et que le soleil eût commencé à se mouvoir ? » Dans un autre endroit, il disait également : « Considérons encore, reprenant les choses de plus haut, combien il est absurde de faire dire au grand Dieu, au Dieu souverain, par forme de commandement : que ceci ou que cela se fasse ; et de l'introduire, travaillant le premier jour à une chose, le lendemain à une autre, et avançant de plus en plus, le troisième, le quatrième et le cinquième jour jusqu'au sixième. »

A ces objections, qui nous montrent combien sont anciennes les attaques contre le récit biblique de la création, Origène répondait : « Nous avons déjà fait ce qui dépendait de nous pour éclaircir ces commandements : *Que ceci ou cela se fasse*, en rapportant ce passage : *Il a parlé et tout a été fait ; il a commandé et tout a été créé* (2)... Pour ce qui est des six jours de la création,... c'est ce que nous

(1) Gen. II, Origène, *loc. cit.* col. 377.
(2) Ps. XXXII ou XXXIII, 9, et CXLVIII, 5.

avons expliqué, selon notre pouvoir, dans nos commentaires sur la Genèse. Et ci-dessus même, pour montrer qu'il ne faut pas prendre les choses à la lettre, comme font ceux qui croient que l'espace de six jours a été effectivement employé à la création du monde, nous avons allégué ces paroles : « C'est là l'histoire de l'origine du ciel et de la » terre ; c'est ainsi qu'ils furent faits le jour que Dieu créa » le ciel et la terre (1). »

Origène, suivant en tout les traces de Philon, ne voit qu'une allégorie dans l'œuvre entière des six jours. Le firmament est le corps ; les deux grands luminaires sont Jésus-Christ et l'Église ; les étoiles (2) sont les patriarches et les prophètes ; les poissons et les reptiles sont les pensées basses et rampantes de l'âme ; les oiseaux, les pensées élevées, etc. Une multitude de mondes ont précédé le nôtre,

(1) Gen. II, 4 ; Origène, *contre Celse*, VI. 60, traduction des *Démonstrations évangéliques*, Migne, t. I, col. 347-348. Voir le texte, Migne, Patr. gr. t. XI, col. 1389. Le mot *jour*, au singulier, ne signifie certainement pas, Gen. II, 4, un jour unique ; mais cette expression de Moïse mérite, néanmoins, d'être relevée, parce qu'elle prouve que, dans son langage, *yom* ou *jour* ne signifie pas seulement une durée de vingt-quatre heures, mais aussi un temps indéterminé, comme le soutiennent ceux qui défendent les jours époques « *Dies* ibi, dit le P. Petau, pro tempore vel spatio simpliciter sumitur, sive pro diebus, ut plerisque placet. » *De mundi opificio*, l. I, c. V, n. 4. Opera, édit. Bar-le-Duc, t. IV, p. 252. S. Augustin, d'ailleurs, a raisonné comme Origène : « Superius septem dies numerabantur, dit-il ; nunc unus dicitur dies, quo fecit Deus cœlum et terram, et omne viride agri, et omne pabulum, cujus diei nomine *omne tempus* significari bene intelligitur. » De *Genesi contra Manich.* l. II, c. III, n° 4. *Opera*, édit. Gaume, t. I, col. 1077. Il répète la même chose un peu plus loin : « Nomine diei universum tempus. » c. VI, n° 7, col. 1080.

(2) Origène paraît porté à croire, *De principiis*, *Prol.*, n° 10, t. XI, col. 120-121, que les astres étaient animés. Il affirme expressément que les astres sont des êtres animés et raisonnables, *Cont. Cels.* l. V, 10-11, t. XI, col. 1196 ; *De Princip.*, l. I, c. VII, n°s 3-5, *ibid.*, col. 172-175 ; Cf. l. III, c. V, n° 4, col. 329. S. Jean Damascène le réfute, *De fide orthodoxa*, l. II c. 6, Migne, Patr. gr. t. XCIV, col. 885 et la note de Lequien, ibid. S. Thomas déclare que la question de savoir si les astres sont animés ou non ne rentre pas dans le domaine de la foi. *Cont. Gent.* l. II, 70. Cf. Freppel, *Origène*, 1868, t I, p. 380. S. Augustin avait admis comme possible que « ad societatem (angelorum) pertineant sol et luna et cuncta sidera » *Enchirid.* 58, éd. Gaume, t. VI, col. 376. Cf. *de Gen. ad litt.* l. II, c. XVII, n° 37, t. III, col. 244.

une multitude d'autres le suivront. Le paradis terrestre lui-même n'a jamais existé comme tel, c'est une pure image du ciel (1).

Si Origène prétendait tirer seulement des leçons morales et édifiantes de la création ainsi envisagée, comme l'ont fait plus tard S. Basile et S. Ambroise, on n'aurait qu'à applaudir, mais il tombe dans une exagération qu'on ne peut approuver, en prétendant nier au premier chapitre de la Genèse son sens littéral et naturel.

Après Origène, nous ne rencontrons personne qui ait expliqué les premiers chapitres de la Genèse d'une manière exclusivement allégorique (2). Les œuvres de ses disciples ou de ses défenseurs immédiats ne contiennent rien d'ailleurs qui intéresse notre sujet spécial. S. Athanase

(1) Orig. *Selecta in Gen.* II, 8 et 9; *Contra Celsum*, IV, 39, t. XII. col. 100. Cf. Philon, *De mundi opificio*, p. 37 et 38. Plusieurs Pères ont reproché à Origène cette interprétation, S. Épiph. *Hær.* LXIV, 4 et 47, Patr. gr. t, XLI. col. 1077 et 1148; S. Méthode, dans Photius, *codex* 234, Patr. gr. t. CIII, col. 1112; S. Eustathe, *De Engastrimytho*, § XXI, Patr. gr. t. XVIII, col. 656; S. Basil. *Hom.* III *in Hexaem.* 9, et *Hom.*, X, 1, t. XIX, col. 73, 188; S. Jean Chrys. *In Genes. Hom.* XIII, 9, Patr. gr. t. LXIII, col. 108; Sévérien de Gabales, *De mundi creat.* orat. I, 5. Patr. gr. t. LVI, col. 435; S. Gregor. Nyss. *In Hexaem. liber*, Patr. gr. t, XLIV, col. 81; Photius, *Ad Amphilochium*, quæstio LXX, Patr. gr. t. CIII, col. 440, etc. Nous rapportons plus loin le jugement d'Anastase le Sinaïte qui le condamne quoiqu'il n'ait cependant cherché lui-même dans l'Hexaméron que des sens allégoriques. Voir aussi le passage de l'Hexaméron de S. Hippolyte, conservé par S. Jean Damascène, Patr. gr., t. X, col. 584, ou édition Lagarde, § 20, p. 115.

(2) Le cardinal Cajetan a accepté une partie des explications allégoriques d'Origène : (Moses) accommodavit, dit-il, sex ordinate se habentibus perfectionibus universi sex dies, ad significandum quod res universi sunt a Deo dispositæ ordinatæ et consequenter se habentes inter seipsas, quemadmodum sex dies naturales. » *Comment. in Gen.* c. I, 5, Lyon, 1639, p. 6. Il entend allégoriquement la création de la femme : « Cogor ex ipso textu et contextu intelligere hanc mulieris productionem, non ut sonat littera, sed secundum mysterium, non allegoriæ sed parabolæ » *In Gen.* II, 21, p. 22. Il explique métaphoriquement le récit de la tentation : « Serpentis nomine non proprie intelligere animal illud brutum sed metaphorice diabolum... Non fuit sermo vocalis sed sermo internæ suggestionis. Et eodem sermonis genere universus iste dialogus inter serpentem et mulierem intelligendus est, etc. » *In Gen.* III, 1, p. 24-25.

(296-373), l'illustre évêque de la ville d'Alexandrie où avait enseigné Origène, est le premier, depuis lui, chez qui nous trouvions formellement exprimées ses idées sur la création simultanée. Il accepte l'opinion du chef du Didascalée : « Aucune créature n'est plus ancienne que l'autre, s'écrie-t-il, dans un discours contre les ariens ; toutes les espèces ont été créées à la fois, ensemble, par un seul et même commandement (1). »

Le grand défenseur de la foi contre l'arianisme, constamment occupé par ses luttes contre l'hérésie, n'a point d'ailleurs écrit de commentaire suivi des livres saints (2).

Un successeur d'Athanase sur le siège d'Alexandrie, S. Cyrille (mort en 444) a commenté la Genèse et il s'est montré fidèle, en beaucoup de points, à la tradition de l'école de Clément et d'Origène (3). Mais il a eu soin d'en éviter les exagérations ; sa prédilection pour le sens allégorique ne lui fait pas exclure le sens littéral (4) et il n'admet ni une série éternelle de créations ni la création simultanée. Il résume du reste très succinctement l'histoire de la création.

Le système allégorique de l'école d'Alexandrie a été encore accepté au VIIe siècle, mais avec des restrictions expresses (5) par Anastase le Sinaïte. Il a écrit onze livres de

(1) *Or.* II, *cont. Arianos*, n° 60 ; Migne, Patr. gr. t. XXVI, col. 276 : Τῶν κτισμάτων οὐδὲν ἕτερον τοῦ ἑτέρου προγέγονεν, ἀλλ' αθρόως ἅμα πάντα τὰ γένη ἑνὶ καὶ τῷ αὐτῷ προστάγματι ὑπέστη. Voir aussi *Or.* II, *cont. Ar*, n° 49, col. 249. Cf. n° 11, col. 169.

(2) A part de brèves notes sur les Psaumes qui nous restent et un commentaire du Cantique des cantiques et de l'Ecclésiaste, qui sont perdus. Dans les Psaumes, il expose le sens littéral aussi bien que le sens allégorique.

(3) *Glaphyrorum in Genes*, l. I, Migne, Patr. gr., t. LXIX, col. 13 et 16.

(4) *Ibid.* l. I, c. 2, col. 17.

(5) *In Hexaemeron* l. VII, il condamne formellement l'abus qu'avait fait Origène du sens allégorique. « Nobis autem hæc dicentibus de paradiso spirituali, ne glorietur incurvus Origenes tamquam recte sentiens. Ipse enim anagogiis et contemplationibus usus inexplicabiliter, omnes quæ in sex diebus factæ sunt creaturas deduxit per allegoriam ad fabulosas tragœdias, neque cœlum sensile neque terram neque aquas neque plantas vere plantas, neque stellas

Considérations anagogiques sur l'Hexaméron dans lesquels il nous représente la création comme une figure de l'Église de Jésus-Christ. Il emprunte à saint Basile, à saint Grégoire de Nysse, à saint Jean Chrysostome ; les applications allégoriques forment néanmoins tout le fonds de son œuvre (1). Il ne se préoccupe pas de la manière dont a été créé le monde.

Les derniers imitateurs grecs de Clément et d'Origène ont donc abandonné la théorie de la simultanéité de la création. Ce n'est pas sans motif.

Cette théorie est démentie par les faits. La géologie établit que la création, ou au moins l'ordonnance du monde, n'a pas été simultanée, mais graduelle et progressive. La terre n'a pas apparu tout d'un coup, comme nous la voyons aujourd'hui, divisée en mers et en continents, parée de son vêtement de verdure, animée par la présence de l'homme et d'une multitude d'animaux de toute espèce ; la vie ne s'est manifestée que par degrés successifs et suivant l'ordre que dépeint Moïse, avec qui les géologues s'accordent essentiellement. L'opinion des Alexandrins est donc erronée. Cependant, quelque fausse qu'elle soit, elle nous fait voir que les interprètes de l'Écriture n'ont pas tous pensé que les six jours de la création désignaient une durée de vingt-quatre heures ; elle nous montre que plusieurs d'entre eux ont pensé que le mot jour est une expression figurée, métaphorique, dont il faut re-

vere stellas, neque aliquid aliud convenienter litteræ intelligens, non tenebras, non lucem, non abyssum, non spiritum, non firmamentum. » Migne, Patr. gr. t. LXXXIX, col. 968. Le texte grec des *Considérations anagogiques* d'Anastase existe au département des manuscrits de la Bibliothèque nationale de Paris et dans quelques autres bibliothèques, mais on n'en a imprimé qu'une traduction latine avec quelques autres fragments en grec.

(1) L'éditeur dit en tête de l'ouvrage : « Initio libri III : *Memento, o lector*, inquit, *me dixisse, quod non dissolventes litteram transimus ad non scriptos sensus anagogicos*, etc. Quo loco forte etiam nimius est in eo, ut ostendat constare non posse litteralem opificii divini historiam. » *Ibid.*, col. 851. Anastase applique, en effet, en cet endroit, col. 877, au sens littéral, la parole de S. Paul II Cor. III, 6 : *Littera occidit.*

chercher le véritable sens, quel qu'il puisse être d'ailleurs.

Elle nous fournit encore un autre enseignement : elle nous prouve que, dans tous les temps, les écrivains chrétiens ont cherché à mettre d'accord la science et la foi (1). L'erreur des Alexandrins provient des imperfections de la science d'alors. Philon avait voulu réconcilier l'hellénisme avec le mosaïsme ; Clément et Origène se proposèrent, à sa suite, d'appliquer l'esprit philosophique aux données de la révélation chrétienne et de démontrer que Platon et les grands génies païens, dans ce qu'ils avaient de vrai, ne parlaient pas autrement que la Bible. Ils essayèrent donc d'approfondir les dogmes révélés et de les faire respecter par la raison, en les corroborant par l'autorité de tous les sages que vénérait l'antiquité, et en faisant servir d'auxiliaires à la théologie toutes les branches des connaissances humaines. Le but était noble et grand, mais la tâche était lourde et le génie d'un Origène lui-même plia sous le fardeau. Les maîtres du Didascalée s'imaginèrent faussement qu'il y avait dans l'Écriture des passages qu'il était impossible de défendre en les prenant à la lettre, et pour les justifier, ils recoururent à l'allégorie, à l'exemple de Philon. Les païens leur avaient appris, il est vrai, à employer ce procédé dont ils abusaient, pour leur part, afin de sauvegarder l'honneur de leurs dieux.

Les chrétiens tournaient en ridicule, et non sans motifs, les aventures mythologiques de l'Olympe. Au moyen de l'allégorisme, les polythéistes y découvraient des mythes et des vérités profondes. Les catéchistes d'Alexandrie crurent devoir se servir d'un procédé analogue. Ils pensaient qu'il était impossible d'admettre comme littéralement vrai, entre

(1) La maxime fondamentale de Clément d'Alexandrie est celle-ci : « Il n'y a pas plus de foi sans science qu'il n'y a de science sans foi » Stromat. l. v. 1. Migne, Patr. gr. t. IX, col. 10 : Ἤδη δὲ οὔτε ἡ γνῶσις ἄνευ πίστεως, οὔθ' ἡ πίστις ἄνευ γνώσεως. Voir là-dessus Mgr Freppel, *Clément d'Alexandrie*, leçon XV, 1865, p. 356 et suiv.; Cruice, *Essai critique sur l'Hexaemeron*, p. 85.

autres récits bibliques, celui de la création. Comment accepter que Dieu eût été, pour ainsi dire, obligé de s'y reprendre jusqu'à six fois pour achever son œuvre (1)? Mais s'il en était ainsi, qu'était-ce donc que sa toute-puissance ? Les naturalistes d'alors ne soupçonnaient point que notre globe n'était arrivé à sa forme actuelle qu'après une série de révolutions successives. Ignorant la vérité, persuadés que le sens littéral du récit biblique était inconciliable avec la science et la philosophie de leur époque, Clément et Origène en conclurent que le premier chapitre de Moïse n'était qu'une allégorie, et ils l'interprétèrent en conséquence. Telle est l'explication de leur système exégétique. Changeons-les de milieu, supposons qu'ils vivent de nos jours et nous pouvons affirmer, à coup sûr, que les Clément et les Origène salueront avec bonheur les découvertes de la géologie; car ils n'auront pas à changer leur principe fondamental, c'est-à-dire l'accord de la science et de la foi, ils n'auront qu'à l'appliquer autrement.

Cependant les excès de l'allégorisme alexandrin avaient provoqué une réaction ; cette réaction s'était manifestée dans les écoles syriennes.

II

LES ÉCOLES SYRIENNES.

Les écoles de Syrie furent les antagonistes de l'école d'Alexandrie, sur le terrain de l'exégèse biblique. Elles défendirent le sens littéral des saintes Écritures contre les exagérations d'Origène. Elles n'eurent garde sans doute de nier l'existence du sens allégorique, qui est fondé sur le témoignage du texte sacré lui-même, mais elles n'en

(1) C'était l'objection que faisait Celse contre le récit biblique de la création. Origène *Contra Cels.* VI, 60, t. XI, col. 1389. Voir plus haut, p. 579.

usèrent que sobrement et s'attachèrent avant tout à l'étude du sens grammatical et historique.

Il faut distinguer, dans les écoles de Syrie, celles dans lesquelles on parlait le syriaque, c'est-à-dire les écoles de Nisibe et d'Édesse, et celles dans lesquelles on parlait le grec, c'est-à-dire l'école d'Antioche. Il existait entre elles des liens fort étroits et leur méthode était la même; mais, outre la différence de la langue, elles avaient, sur quelques points, des opinions particulières.

Le plus illustre représentant de l'école exégétique qui a écrit en langue syriaque est le diacre d'Édesse, saint Éphrem (vers 320-379). Il fut tour à tour chef de l'école de Nisibe et de l'école d'Édesse (1). Théologien et poète, orateur et exégète, il a laissé dans l'histoire de l'Église, surtout en Orient, une trace profonde, par le souvenir de ses vertus comme par l'influence de ses écrits (2). Pendant plusieurs siècles, dans toutes les régions de l'Asie occidentale où se parlait l'antique langue d'Aram, les habitants du pays ont chanté les poèmes dans lesquels le plus grand écrivain de leur langue avait célébré les vérités chrétiennes.

Il nous est resté de lui deux commentaires de la Genèse dans lesquels il étudie en détail chacun des versets du récit de la création (3).

Saint Éphrem rejette expressément la création simultanée de l'école d'Alexandrie. « Il n'est pas permis de soutenir, dit-il, que ce qui a été créé en plusieurs jours a été produit en un moment (4). »

(1) Voir Assemani, *Bibliotheca orientalis*, t. III, p. II, p. 924; Lengerke, *Commentatio de Ephræmo Syro Sacræ Scripturæ interprete*, 1828, p. 3.

(2) « L'Église de Syrie, a bien dit M. J. P. Charpentier, eut dans un même homme son Grégoire et son Basile, son poète et son orateur : cet homme fut S. Éphrem. » *Études sur les Pères de l'Église*, 1853, t. II, p. 199.

(3) Uhlemann a étudié en détail la cosmologie de S. Éphrem dans la *Zeitschrift für die historische Theologie*, 1833, t. III, p. 104-300; *Die Schöpfung ; eine historisch-dogmatische Entwickelung der Ansichten Ephräms des Syrers, verglichen mit den Ansichten der ältern Griechischen Philosophen, so wie mit den Darstellungen der ersten Christlichen Kirchenlehrer bis auf Augustin.*

(4) *Oper. syr.* t. I, p. 6, A 5. Il condamne expressément le système allégo-

D'après lui, le premier verset de la Genèse nous fait connaître la création élémentaire, celle de la matière première ou des parties qui composent l'univers, le ciel et la terre dans leur substance (1) qui fut tirée du néant (2).

« La lumière qui fut créée le premier jour et toutes les autres choses qui furent produites ensuite furent tirées de quelque chose » de préexistant (3).

Les jours génésiaques sont des jours de 24 heures. La lumière fut créée le premier jour mosaïque, douze heures avant la fin de son cours, c'est-à-dire avant le premier soir mentionné par la Bible (4). Cette création eut lieu le premier jour de Nisan, qui est le premier mois de l'année hébraïque. La preuve qu'en donne saint Éphrem, c'est qu'à cette époque, au printemps, les jours et les nuits sont égaux et de douze heures chacun (5). Avant le premier jour l'abîme des eaux « enveloppait la terre de six côtés comme l'enfant qui est encore renfermé dans le sein de sa mère (6). » Quand, après la séparation de la terre et des eaux, la lu-

rique des Alexandrins, t. I, p. 6, A 3 : « Que personne ne croie que des allégories *(tougormé')*, sont contenues dans l'œuvre des six jours. » Il ne nie point, d'ailleurs, qu'il n'y ait dans l'Écriture un sens spirituel et il le donne souvent. T. I, p. 112, c. 7 suiv.

(1) *Opera syr.* t. I, p. 6, A2, C2, B3, B5. Cf. Hymnes XIV et XLII-XLIX, t. II, p. 467 et suiv.; 534-546.

(2) *Ib.* t. I, p. 12, C 6, où il explique très bien que BARA', signifie « tirer du néant. »

(3) *Ib.* t. I, p. 12, C4 et suiv. – L'opinion que Dieu n'a fait qu'ordonner, pendant les cinq jours qui suivirent le premier, ce qu'il avait créé d'abord, est déjà clairement exprimée dans un fragment qui nous reste de S. Hippolyte sur la Genèse : « Τῇ μὲν πρώτῃ ἡμέρᾳ ἐποίησεν ὁ θεὸς, ὅσα ἐποίησεν, ἐκ μὴ ὄντων. Ταῖς δὲ ἄλλαις οὐκ ἐκ μὴ ὄντων, ἀλλ' ἐξ ὧν ἐποίησε τῇ πρώτῃ ἡμέρᾳ, μετέβαλεν, ὡς ἠθέλησεν. *In Gen.*, Patr. gr. t. X, col. 585.

(4) *Opera syr.*, t. I, p. 8, A 7 et suiv. Il appelle la lumière primitive *nahîro'* « substance lumineuse, » *ibid.* F. 6.

(5) *Opera syr.*, t. I, p. 9, A 3 et suiv. Plusieurs autres Pères ont dit de même, S. Cyril. Hier. *Catech.* XIV, 10, Migne, Patr. gr. t. XXXIII, col. 836; Cf. S. Greg. Naz. *Orat. in Pascha.* XLV, t. XXXVI, col. 641; S. Ambr. *Hexaem*, l. I, c. IV, n. 13; Migne, Patr. lat. t. XIV, col. 128.

(6) *Oper. syr.* c. 1, p. 116, F 2 sq.

mière eut été créée, les plantes et les arbres apparurent sur la terre, le troisième jour ; preuve nouvelle que la création eut lieu au printemps, puisque c'est l'époque où les arbres reverdissent et se couvrent de fleurs.

La lumière primitive joua un grand rôle dans l'œuvre des premiers jours ; « Parce que la lumière avait été créée bonne, elle servit trois jours par son lever. Elle servit aussi à la fructification et à la production de tout ce que la terre porta pendant ces trois premiers jours ; après ces trois jours, le soleil parut au firmament, afin d'amener à maturité ce que la lumière primitive avait d'abord produit (1). » « La terre fut en premier lieu fécondée par la lumière et par l'eau (2).»

Cette lumière qui était au commencement errante comme une nuée brillante *(arfno' nahrio' îth,)*, semblable au soleil lorsqu'il se lève ou à la colonne qui guidait les Hébreux dans le désert, illuminant la terre par sa substance ou par ses rayons, *(beyad denkhêh)* (3) fut attachée, le quatrième jour, au soleil, à la lune et aux étoiles (4).

Par « l'*esprit* qui était sur la face des eaux, » il entend le vent qui agitait les eaux et les mettait en mouvement et aussi le Saint-Esprit. « Le vent souffla parce qu'il avait été créé pour cela (5). » Mais « sache également que quand l'Écriture parle de la puissance créatrice de Dieu, elle ne représente pas l'Esprit de Dieu comme un être créé et produit, voltigeant avec lui sur la surface des eaux, elle parle de l'Esprit Saint qui réchauffe et fructifie les eaux, pour les rendre capables de produire, comme la poule qui est assise sur les œufs, les réchauffe en les couvant et les fait

(1) *Opera syr.* t. I, p. 9. E 4 et suiv.
(2) *Ibid.* p. 10, B. 8 sq.
(3) *Ibid.* t. I, p. 9, A. 8 et suiv.
(4) *Ibid.* t. I, p. 9. F. 1 et suiv. Cf. p. 123, E. 6 et suiv.
(5) *Ibid.* t. I, p. 8, E. 7, p. 14, E. 1. S. Basile donne cette opinion comme celle de S. Éphrem, *Hom. II, in Hexaem.*, 6, t. XXIX, col. 44 ; de même S. Ambr. *Hexaem.*, l. I, c. VIII, nº 29, Patr. lat. t. XIV, col. 139 ; S. Aug. *De Genesi ad litt.* l. I, c. XVIII, nº 36, éd. Gaume, t. III, col. 218.

éclore. L'Écriture nous donne en même temps une image du saint baptême (1). »

Saint Éphrem croit que le centre de la terre est rempli de feu (2). Ce feu est visible au nord de la terre, là où s'élèvent les hautes montagnes de glace qu'on appelle verrues de la terre. La flamme y jaillit comme un fleuve embrasé dont les ardeurs adoucissent pour les habitants de cette contrée les rigueurs de l'hiver (3).

Dieu plaça le soleil à l'orient de la voûte céleste, le quatrième jour. La lune fut placée à l'occident, là où le soleil se couche ; les étoiles furent mises entre ces deux astres. La lune fut créée dans son plein, telle qu'elle est le 15 nisan, au moment où la durée de la nuit égale celle du jour (4). Quand le soleil se leva sur la terre, à la voix du Créateur, il était déjà vieux de quatre jours; cet astre n'est en effet que la concentration de la lumière primitive, créée le premier jour cosmogonique, et il lui est par conséquent foncièrement identique (5).

Parmi les interprètes, les uns pensent que les oiseaux

(1) *Opera syr.* t. I, p. 118, A. 2 sq. Cette dernière explication n'est pas donnée dans le commentaire de la Genèse. Uhlemann est même porté à croire qu'elle n'est pas de S. Éphrem mais de Jacques d'Édesse, *Zeitschrift für historische Theologie*, 1833, p. 182. Elle se trouve en effet dans les *Collectanea* de S. Éphrem et de Jacques d'Édesse.

(2) *Ibid.* t. I, p. 12, F. 3 sq ; p. 121, B. 7 et suiv. Les Pythagoriciens paraissent avoir admis, dans l'antiquité, l'existence du feu au centre de la terre, Aristot., *De cœlo*, II, 13. Voir J. Schwarcz, *On the facture of geological attempts in Greece prior to the epoch of Alexander*, Londres, 1862 ; Ch. Sainte-Claire Deville, *Coup d'œil historique sur la géologie et sur les travaux d'Élie de Beaumont*, leçon IV, Paris, 1878, p. 89 et suiv. — Cf. S. Basile, *Hom. II in Hexaem.* c. III, Migne, Patr. gr. t. XXIX, col. 33 ; S. Grég. Nyss. *Hexaem.* ; Migne, Patr. gr. t. XLIV, col. 72 et 93 ; Sévérien de Gabales, *Orat.* I, *de mundi creat.* c. 5, Migne, Patr. gr. t. LVI, col. 435.

(3) *Ibid.* t. I, p. 121, F. 5 et suiv.

(4) *Ibid.* t. I, p. 16, E. 5 et suiv. — Cf. S. Ambr. *Hexaem.* t. IV, c. II, n° 7, col. 190 ; Sévér. de Gab. *Orat.* III *de creat.* c. II, col. 449. — S. Augustin n'approuve pas qu'on s'occupe de ces questions minutieuses, *De Genesi ad litteram*, l. II, c. XV, n° 30, édit. Gaume, t. III, col. 239-240.

(5) *Ibid.* t. I, p. 17, B. 2 et suiv. — Cf. Sévérien de Gabales, *Orat. III de creat. mundi*, c. II, col. 449.

furent tirés du sein des eaux, les autres le nient. Le texte sacré (1) paraît susceptible de cette double interprétation. Saint Ephrem admet que les oiseaux, cet ornement de l'air, comme les astres le sont des cieux et les fleurs de la terre (2), ont été tirés des eaux, et il nous les représente poétiquement « s'élevant en troupe du sein des ondes (3). »

Une partie des opinions de saint Éphrem fut acceptée par l'école d'Antioche qui admettait, d'ailleurs, les mêmes principes d'exégèse.

L'école exégétique d'Antioche (4) est, en effet, dans l'antiquité, le grand champion du sens littéral des saintes Écritures, et si l'on devait lui reprocher quelque excès, ce serait, à l'encontre de l'école d'Alexandrie, d'avoir attaché trop peu d'importance au sens allégorique.

Nous allons trouver, par conséquent, chez les écrivains de la capitale de la Syrie, des opinions opposées à celles de Clément et d'Origène. Les œuvres des plus anciens d'entre eux sont perdues (5). Le premier, dont les idées nous sont

(1) Gen. I, 20.

(2) Jacques d'Édesse, T. I, p. 127, E. 1.

(3) *Ibid.* t. I, p. 18, A. 5. — Le poète Marius Victor dit :

Hinc volucres quoque molle genus traxere vigorem,
Nam liquidas dum format aquas, immissaque pontum
Vita subit, fervent multo tumida æquora partu :
Nec satis est pisces genus omne exurgere quodque
Squamea turba salo summas evadit in undas :
Ni volitans in aquis sensim natat æthere puro
Æthereas volucris contingere docta recessus ;
Ergo materies avibusque et piscibus una est.

Commentariorum in Genesim libri tres, l. I, Migne, Patr. lat. t. LXI, col. 941.

(4) Dans le livre II de S. Théophile d'Antioche à Autolycus, se trouve le plus ancien Hexaméron (il emploie le mot, n° 12, col. 1069), qui nous ait été conservé. Mais il n'est pas écrit selon la méthode de l'école qui devait dominer plus tard à Antioche. Quoiqu'il n'explique pas la création dans un sens purement allégorique comme les Alexandrins, il n'en tire guère que des leçons morales. Voir Migne, Patr. gr. t. XI, col. 1072 et suiv.

(5) Eusèbe d'Émèse (mort vers 360), dans un passage conservé par les Chaînes, observe que le mot 'Èd, de Genèse II, 6, ne signifie pas « source, » comme l'ont traduit les Septante, mais « un nuage ou une vapeur très épaisse. » Euseb. Emesen. *Fragm. comm. sup. Gen.* édit. Augusti, 1829.

connues par des fragments conservés dans d'autres auteurs, est Théodore de Mopsueste (vers 350-458). Il fut le compagnon d'études et l'ami d'enfance de saint Jean Chrysostome, à l'école de Diodore de Tarse (1), mais il eut depuis le malheur d'être le précurseur du Nestorianisme. Photius nous apprend que Théodore fuyait autant que possible les allégories pour s'attacher au sens historique (2). D'après Philopon, il admettait la création progressive et il enseignait, en particulier, que les ténèbres n'avaient disparu que peu à peu devant l'apparition graduelle de la lumière (3). Il croyait que Dieu n'avait créé qu'un couple de chaque espèce d'animaux.

Le représentant le plus illustre de l'école d'Antioche, celui qui a jeté sur elle le plus vif éclat, est S. Jean Chrysostome (vers 347-407). Sa science exégétique égala son éloquence. Nous possédons encore de lui deux commentaires de la Genèse en forme d'homélies, l'un abrégé, qui ne traite que les points principaux en huit discours, l'autre développé, en soixante-sept homélies, dont les douze premières se rapportent à la cosmogonie mosaïque. Les deux explications de la Genèse ont été prêchées à Antioche, la première en 386, la seconde vers 395. On y reconnaît visiblement l'influence de S. Éphrem, et des autres maîtres des écoles syriennes ; mais plusieurs de ses interprétations sont originales.

Moïse a décrit en détail et avec beaucoup d'exactitude la création du monde, sous l'inspiration du Saint-Esprit; c'est Dieu lui-même qui a dirigé la langue du prophète (4).

(1) Ἀσκητήριον; Socrate, *Hist. eccles.* VI, 3, Patr. gr. t. LXVII, col. 665.

(2) Photius, *Bibliotheca*, Codex XXXVIII, Migne, Patr. gr. t. CIII, col. 72.

(3) J. Philoponis, *De mundi creatione*, l. I, c. 8 et suiv., dans Gallandi, *Bibliotheca veterum Patrum*, t. XII, p. 480 et suiv. Philopon dit aussi que Théodore de Mopsueste admettait que le déluge de Noé n'avait pas été universel. *Ibid.* l. I, c. 13, p. 486.

(4) *Hom. VII in Gen.* 4, Migne, Patr. gr. t. LIII, col. 65. Cf. *Hom.* II, 2, col. 27-28.

Le grand orateur compare le Créateur à un architecte qui élève, par assises, un vaste édifice. Mais Dieu, à l'opposé de l'homme, commence par en haut le monument qu'il veut construire : il produit d'abord le ciel, comme le toit du monde et il crée ensuite la terre comme son fondement. « Qui a jamais vu, qui a jamais entendu une telle chose, s'écrie-t-il ?... Ne cherchons donc pas à raisonner curieusement sur les œuvres de Dieu, mais que ces œuvres nous servent à nous faire admirer leur auteur (1). » L'exégète d'Antioche n'a qu'un but, expliquer littéralement le texte sacré, pour élever l'âme à Dieu et instruire, sans satisfaire une vaine curiosité.

S. Jean Chrysostome rejette la théorie alexandrine de la création simultanée : il la répudie formellement dans son homélie II sur la Genèse. Assurément Dieu pouvait créer l'univers entier en un clin d'œil, mais il ne le voulut point ; il daigna se mettre au contraire, en quelque sorte, à notre portée, en se conformant à notre manière d'agir et de produire ; il se proposa aussi de nous montrer par là que ce monde n'était pas l'œuvre du hasard, mais d'une sage Providence qui règle tout avec poids, nombre et mesure (2).

L'esprit de Dieu qui était porté sur les eaux est, d'après lui, une force motrice et vitale : « Il me semble, dit-il, que ces mots signifient qu'il y avait dans les eaux une énergie (ἐνέργεια) vitale ; ce n'était pas simplement de l'eau stagnante et immobile, mais de l'eau mobile et contenant une force (δύναμιν) de vie ; car ce qui est immobile est tout à fait inutile, mais ce qui se meut sert à beaucoup de choses (3). »

S. Jean Chrysostome pense que les astres ont été créés après les végétaux pour montrer aux hommes, enclins à adorer le soleil et la lune, que les sphères célestes n'ont en

(1) *Hom. II in Gen.* 2, Migne, Patr. gr. t. LIII, col. 30.

(2) *Hom. III in Gen.*, 3 ; Migne, Patr. gr. t. LIII, col. 35. Il dit plus loin : Διαιρεῖ σαφῶς καὶ τὴν τῶν γινομένων τάξιν, καὶ τῶν ἡμερῶν τὸν ἀριθμόν. *Hom. VII in Gen.*, 4, col. 65.

(3) *Hom. III in Gen.* 1, col. 33.

elles rien de divin (1). Il n'établit aucun rapport entre la lumière du soleil et la lumière créée le premier jour. Il n'adopte donc pas l'opinion de S. Éphrem, que nous avons mentionnée plus haut. Il croit que le soleil et les astres ont été créés le quatrième jour.

Contrairement à beaucoup d'autres Pères et aux opinions courantes, qui acceptaient le système de Ptolémée, S. Jean Chrysostome n'admet qu'un seul ciel (2).

Le saint docteur refuse d'ailleurs, de parti pris, d'expliquer par des hypothèses ce qu'il ignore : « Qu'est-ce que le firmament, me demandera quelqu'un ? Est-ce de l'eau congelée, ou de l'air condensé, ou quelque autre substance ? Aucun homme sage ne tranchera témérairement la question. Il convient d'accepter en toute simplicité la parole (de Dieu) et de ne pas vouloir scruter ce qui est au-dessus de notre intelligence : ce que nous devons savoir et retenir, c'est que le firmament a été produit par l'ordre du Seigneur (3). »

Saint Jean Chrysostome sort cependant de cette prudente réserve en ce qui concerne les fondements de la terre, et c'est pour tomber dans une erreur scientifique, en poussant à l'extrême l'application du principe du littéralisme de l'école d'Antioche : il prétend que la terre repose réellement sur les eaux, parce que la sainte Écriture dit : *Firmavit terram super aquas* (4) : il ne prend pas garde que c'est là

(1) *Hom. VI in Gen.*, 4. Migne, t. LIII, col. 58. C'est la raison que donnent tous les Pères qui se sont posé la même question. Voir aussi *Hom. V*, 4, col. 51-52.

(2) *Hom. IV in Gen.* 3, *ibid.* col. 42. Cf. S. Ambroise, *Hexaem.* II, c. I, n° 5. Migne, Patr. lat. t. XIV, col. 157.

(3) *Hom. IV in Gen.* 3, *ibid.* col. 42. Il avait déjà fait la même observation d'une manière générale et presque dans les mêmes termes en commençant l'explication de l'Hexaméron, Hom. II, 2, col. 28 : « Recevons en toute simplicité la parole (de Dieu), ne nous élevons pas au-dessus de la mesure de notre intelligence et ne recherchons pas curieusement ce qui est au-dessus de nous. » L'érudition est d'ailleurs presque toujours absente du commentaire de S. Jean Chrysostome, et c'est un des traits par lesquels il diffère de l'Hexaméron de S. Basile.

(4) Ps. CXXXV, 6. — *Hom XII in Gen. II*, 2, 4, *ibid.* col. 100, 102.

une simple comparaison et que les règles les plus évidentes de l'herméneutique obligent à distinguer le sens métaphorique du sens propre, et par conséquent à ne pas prendre des images pour des affirmations scientifiques. Saint Basile a évité soigneusement cette confusion et a très justement remarqué que ces paroles du Psalmiste ne sont qu'une image, comme nous le verrons bientôt.

Les éditions complètes des œuvres de saint Jean Chrysostome (1) contiennent six discours de Sévérien (mort vers 408), évêque de Gabales en Syrie, qui roulent sur l'œuvre des six jours. Il était contemporain de son illustre compatriote, mais plus jeune que lui. Jean, devenu archevêque de Constantinople, avait été son protecteur, ce qui n'empêche pas Sévérien, oublieux de cette protection, de se ranger plus tard parmi les ennemis de son bienfaiteur. Il n'oublia pas cependant ses enseignements, et son commentaire n'est guère que l'écho de ceux de son maître et de saint Éphrem.

Il enseigne avec beaucoup de précision que Dieu créa d'abord la matière première ; il paraît placer cet acte au premier jour ; les jours suivants, le Créateur ne fit que façonner et mettre en œuvre ce qu'il avait primitivement créé. « Dieu fit toutes choses dans l'espace de six jours, dit-il. Mais le premier jour diffère des suivants ; car le premier jour Dieu produisit du néant (ἐκ μὴ ὄντων) et, à partir du second jour, il ne tira rien du néant, mais il transforma à son gré ce qu'il avait créé le premier jour... Dieu créa donc, le premier jour, la matière première (ὕλας τῶν κτισμάτων) et les jours suivants il ne fit que donner la forme et la

(1) *Sancti Joannis Chrysostomi Opera*, t. VI. Migne, Patr. gr. t. LVI, col. 429 et suiv. Sévérien manque de la réserve et de la mesure qui caractérise S. Jean Chrysostome dans son commentaire de la Genèse. Montfaucon lui reproche justement, col. 429bis, sa loquacité. Peut-être est-il cependant trop sévère quand il dit : « Ubi facundiam vult exhibere, ibi futilia loquitur : rerum naturalium perquisitionem plerumque aggreditur et ad nauseam usque explorat, suoque more, nimirum inepte, edisserit ; ... ita de mundo quem rotundum esse negat, de igne, de aqua, plus quam satis esset, agit. »

beauté à la matière déjà créée (τὴν μόρφωσιν καὶ τὴν διακόσμησιν τῶν κτισμάτων) » (1).

Les ténèbres primordiales sont pour lui le produit des nuages et des vapeurs qui s'élèvent de la mer primitive (2). Il accepte sur ce point, comme sur beaucoup d'autres, les explications de S. Éphrem.

Quant à la création des astres, il l'explique de la manière suivante, conformément aux principes qu'il avait posés : « De quoi Dieu a-t-il fait le soleil, la lune et les étoiles, demande-t-il ? Nous avons dit que Dieu avait tout tiré du néant le premier jour et qu'il s'était servi, les jours suivants, de ce qui existait déjà. D'où vient donc le soleil ? De la lumière créée le premier jour. Le Créateur la transforme à son gré, de diverses manières ; il en fit ici la matière de la lumière, là les étoiles, semblable à l'orfèvre qui réunit premièrement une masse d'or, et qui en frappe ensuite des médailles diverses (3). »

Le monde n'a pas la forme d'une sphère, mais celle d'une tente (4). Nous verrons bientôt son imitateur Cosmas Indicopleustes, défendre longuement cette opinion.

Théodoret, évêque de Cyr, sur l'Euphrate (386 vers 458), s'inspira plus encore que Sévérien de Gabales des commentaires de ses prédécesseurs (5). Il emprunta même aux Alexandrins. Il n'en appartient pas moins cependant à

(1) *De mundi creat. Orat.* I, n° 3-4, col. 433.

(2) *Ibid.* I, 5, col. 435.

(3) *Ibid.* III, 4, col. 449.

(4) *Ibid.* 4-5 ; col. 452 et suiv. S. Jean Chrysostome a plusieurs fois cité le texte d'Isaïe, XL, 22, *Statuit cœlum sicut fornicem*, sur lequel s'appuie Sévérien pour nier la sphéricité de la terre, mais jamais le grand orateur ne semble le prendre au pied de la lettre. *De incomprehensibili Dei natura*, Orat. II, 3, t. XLVIII, col. 713 ; *Ad populum Antioch. hom. X*, 4, t. XLIX, col. 116 ; *hom. XII*, 2, *ibid.* col. 128. S. Jean Chrysostome nie d'ailleurs, et cette opinion est celle de l'école d'Antioche (Voir Petau, *De sex dierum opificio*, l. 1, c, XII, § III, t. IV, p. 289), la sphéricité de la terre, *Hom.* XIV, *in Epist. ad Hebr.* n. 1, t. LXIII, col. 111.

(5) Sur l'exégèse de Théodoret, voir Diestel, *Bibel und Naturkunde*, dans les *Theologische Studien und Kritiken*, 1866, p. 229 et suiv.

l'école syrienne, parce qu'il fut un des partisans les plus décidés du sens littéral.

Dans ses *Questions sur l'Octateuque*, il a traité tous les points qui se rapportent à la cosmogonie biblique, mais il cite souvent les opinions d'autrui, comme un simple compilateur, sans se prononcer lui-même. Il admet la distinction des jours. Comme S. Basile, il pense que les ténèbres primitives avaient pour cause la projection de l'ombre céleste (1). Dieu tira les astres de la lumière primitive (2). Par l'esprit de Dieu qui était porté sur les eaux, il entend l'air (3). Dans l'une de ses questions (XVI), il examine pourquoi Dieu créa d'abord les plantes, puis les astres et enfin les animaux. Il répond : « Les animaux ont des yeux, ils n'auraient pu supporter l'excès de la lumière. La lumière, distribuée dans de grands et de petits luminaires fut mise à la portée de leur vue. Les plantes sont privées des sens (4). » Il admet, comme Théodore de Mopsueste, que les espèces animales n'avaient pas été créées comprenant chacune beaucoup d'individus, mais deux seulement (5).

Un marchand égyptien, originaire d'Alexandrie, nommé Cosmas et surnommé Indicopleustes, à cause de ses voyages dans l'Inde, écrivit vers 535, après s'être fait moine, une *Topographie chrétienne ou sentiment des chrétiens sur le monde* (6), dans laquelle il traite la plupart des questions qui se rattachent à la cosmogonie biblique, mais s'occupe surtout de la forme de la terre. Il emprunte aux écrivains ecclésiastiques antérieurs ce qui lui paraît le plus plausible

(1) *Quæst. in Gen. I*, Int. VI, Migne, Patr. gr. t. LXXX, col. 88 : Τῇ σκιᾷ τοῦ οὐρανίου σώματος. Il explique très bien la nature des ténèbres, interr. VII, col. 88.

(2) *Ibid.* Int. XIV, col. 96,

(3) *Ibid.* Int. VIII, col. 89.

(4) *Ibid.* Int. XIV, col. 96.

(5) *Ibid.* Int. XVII, col. 97.

(6) C'est de Cosmas Indicopleustes que parle Photius, *Bibliotheca*, *Codex* XXXVI, Migne, Patr. gr. t. CIII, col. 68-69. Il mentionne son livre sous le faux titre d'*Octateuque* et ignore le nom de l'auteur, mais il l'analyse assez bien.

sur le premier chapitre de la Genèse (1); mais il ne s'astreint pas à un ordre bien sévère, et il parsème son travail d'anecdotes et d'observations recueillies dans ses voyages; quelques-unes sont fort intéressantes.

Toutes ses idées scientifiques sont loin d'être justes; il rejette souvent des opinions exactes en s'appuyant sur de mauvaises raisons. D'après lui, ce sont les Babyloniens qui ont enseigné les premiers que la terre est sphérique (2); mais, d'après lui, leur opinion est fausse, parce qu'il pense, avec l'école d'Antioche, que la terre est plane et que le monde est semblable à une tente. Il nie par conséquent l'existence des antipodes (3). Le moine égyptien est un auteur peu connu et de mince autorité; cependant, comme il résume les arguments de tous ceux qui, avant lui, avaient soutenu des opinions analogues aux siennes, il mérite que nous nous arrêtions un instant (4).

Les erreurs de Cosmas Indicopleustes sur la forme de la terre et des astres peuvent d'autant plus surprendre qu'il avait des connaissances en astronomie (5), mais ce sont des textes de l'Écriture mal compris qui le trompèrent. Plusieurs Pères, adoptant sans discussion les idées du vulgaire sur ce point, parce qu'elles leur paraissaient d'accord avec

(1) L'auteur qu'il cite le plus est Sévérien de Gabales, ce qui, joint aux applications outrées qu'il fait du sens littéral, nous a porté à le ranger parmi les adeptes de l'école d'Antioche. — Dans le livre x, col. 433, il cite un Hexaméron de Philon de Carpathe, aujourd'hui perdu.

(2) *Topographiæ Christ.* l. VIII, Migne, Patr. gr. t. LXXXVIII, col. 396.

(3) *Ibid.* l. I, col. 65. Quelques Pères ont nié l'existence des antipodes, mais sans s'appuyer sur l'Écriture. Voir Lactance, *Inst. div.* l. III, c. 24, Patr. lat. t. VI, col. 425 et les notes, *ibid.* et 953. Le langage que tiennent d'autres Pères, suppose leur existence. Voir S. Grégoire de Nysse, *Orat. X in Cant.* Migne, Patr. gr. t. XLIV, col. 984.

(4) Il a acquis d'ailleurs une certaine célébrité depuis que Letronne, dans un article qui fit du bruit, en 1834, a traité ses idées de divertissantes, *Cosmographie des Pères. Revue des deux mondes*, 15 mars 1834, p. 606 et suiv. M. Draper, *Les Conflits de la Science et de la Religion*, p. 47, 110, n'a pas manqué de citer au long les opinions de Cosmas.

(5) L. Diestel, *Geschichte des Alten Testamente in der christlichen Kirche*, 1869, p. 125.

le langage de la Bible, admirent que la terre était plane et rejetèrent l'opinion des philosophes qui avaient soutenu qu'elle était de forme sphérique (1). Ils alléguaient les textes suivants que l'auteur de la *Topographie* a soin de rassembler : *Qui statuit cœlum sicut fornicem*, dit Isaïe, *et extendit illud sicut tabernaculum ad habitandum*. Nous lisons aussi dans Job : *Cœlum autem in terram inclinavit, effusa est vero sicut terra calx; conglutinavit autem ipsum quasi lapidem quadrum*. Saint Paul a dit aussi, dans l'Épitre aux Hébreux, d'après la manière dont la comprend le moine égyptien, que le tabernacle construit par Moïse était la figure du monde. Puisque le tabernacle était carré et oblong, il s'ensuit que la terre est oblongue, de telle sorte que sa longueur d'est en ouest est double de sa largeur du nord au sud (2).

L'ancien marchand d'Alexandrie prenait à la rigueur de la lettre des expressions qui ne sont que des figures et des images, comme tout le monde, sans exception, en convient aujourd'hui (3). Cette interprétation fausse avait néan-

(1) Voir S. Cæsarii, Gregorii Theologi fratris, *Dialog.* I, Interreg. XCVIII, Migne, Patr. gr. t. XXXVIII, col. 964.

(2) Is. XL, 22. La Vulgate n'a pas *fornicem*. Ce mot est des Septante. *Topographiæ* l. I, col. 77, 81, 395, 458, etc. Job., XXXVIII, 38. C'est aussi la traduction des Septante ; celle de la Vulgate est toute différente. *Topographiæ* l. I, col. 81 ; Hebr. VIII, 1-2 ; *Topographiæ*, l. III, col. 160 ; l, V, col. 201 ; l. IX, col. 407. L'idée bizarre que Cosmas se fait de la forme de la terre est représentée par des figures *ibid.*, col. 463. Le livre VI est consacré à la grandeur du soleil. Il dit qu'il est de la grosseur de deux κλιμάτα, col. 321.

(3) Nous verrons bientôt S. Basile remarquer avec exactitude que ces expressions ne sont que des images. S. Augustin, examinant aussi Ps. CIII, 2, et Is. XL, 22, arrive également à la conclusion *figurate intelligi potest. De Genesi ad litt.* l. II, c. IX, n° 22. Voir tout le chapitre IX, édit. Gaume, t. III, col. 233-234. Il est important d'ailleurs de remarquer que plusieurs Pères ont enseigné la sphéricité de la terre. S. Grégoire de Nysse dit que la terre est un *sphéroïde. Orat. X in Cant.* c. 44, col. 984 ; S. Jean Damascène semble admettre que le ciel est une *sphère. De fide orthod*, l. II, c. 6, Migne, Patr. gr. t. XCIV, col. 881 ; Cf. Lactance, *Div. Inst.* l. III, c. XXIV, Patr. lat. t. VI, col. 426 et la note *ibid.*, et col. 953-954 ; S. Aug. *De Gen. ad litt.* II, 9, 21 ; I, 10, 21 ; t. III, col. 233, 211 ; S. Ambroise, *Hexaem.* l. I, c. I, n. 4, t. XIV, col. 124, appelle le

moins fait si bien son chemin, parmi un certain nombre de commentateurs, que, vers l'époque même où Christophe Colomb découvrait l'Amérique, un espagnol, Tostat, évêque d'Avila, prétendait, d'après ce que rapporte Montfaucon (1), que l'opinion qui enseigne la sphéricité de la terre est téméraire et *in fide non tuta*. Cet exemple est bien propre à montrer aux exégètes quelle réserve ils doivent apporter dans l'explication scientifique des saintes Écritures. Il prouve aussi, par l'accord unanime de tous les commentateurs d'aujourd'hui à admettre la sphéricité de la terre, que lorsqu'une vérité scientifique est solidement établie, ce n'est pas l'Église qui la repousse.

En résumé, les écoles syriennes ont généralement défendu le vrai sens des Écritures en admettant partout un sens littéral, sans exclure systématiquement le sens allégorique. Mais en évitant l'écueil contre lequel avait échoué l'école d'Alexandrie, elles n'ont pas cependant réussi à éviter

monde *rotundum*. Cf. aussi in Ps. 118, XII, 20, t. XV, col. 1367. Le V. Bède dit : « Orbem terræ dicimus, non quod absolute orbis sit forma in tanta montium camporumque disparitate ; sed cujus amplexus, si euncta linearum comprehendantur ambitu, figuram absoluti orbis efficiat. » *De natura rerum*, c. 46, Migne, Patr. lat. t. XC, col. 264. Cf. c. V. col. 197 ; *Hexaem.* l. I, t. XCI, col. 19 ; *in Pentat.* c. I, *ibid.*, col. 195. Dracontius, dont le poème sur l'*Hexaemeron* ou *Carmen de Deo*, fut publié par un évêque de Tolède dit :

« Eruitur tellus vasto demersa profundo,
« Et solidante *globo*, gravior per *inane* pependit. »

Migne, Patr. lat. t. LX, vers 152-153, col. 700. On peut juger par là combien est fausse l'affirmation de M. Draper qui ose soutenir, à plusieurs reprises, que la doctrine de la sphéricité de la terre est « hérétique. » *Les Conflits de la Science et de la Religion*, 1875, p. 46, 47. Riccioli dit avec raison : « Plures patres rotunditati cœli favent. *Almagestum novum, astronomiam veterem novamque complectens*, Bologne, 1651, l. IX, sect. IV, c. V, t. II, p. 311. Cf. C. Acheri, *S'il est vrai que le christianisme ait nui au développement des connaissances humaines ou au moins à certaines sciences*, *Annales de philosophie chrétienne*, 1838, t. XVII, p. 275-277. Ce travail est reproduit dans Migne *Dictionn. d'Apolog. cath.* t. I, col. 452-480 ; S. Jérôme réfute l'abus qu'on a fait du texte d'Isaïe, XL, 22, dans son commentaire *In Is.* l. XI, c. 40, Patr. lat. t. XXIV, col. 408-409. Quant à la cosmographie des philosophes grecs, voir Delgeur, *Revue des Quest. scient.*, janv. 1877, t. I, p. 250 et suiv.

(1) *Præfat. in Cosmam.*, c. II, n. 2, *Patr. gr.* t. LXXXVIII, col. 33.

toute méprise. Dans leurs explications scientifiques, elles n'ont pas su toujours discerner le sens figuré et l'ont pris quelquefois pour le sens propre : de là des erreurs avérées sur la forme de notre globe, sur les fondements de la terre, etc. Elles ont eu, du reste, un mérite incontestable, celui de distinguer nettement la création de la matière première de la mise en ordre des éléments qui composent l'univers.

F. Vigouroux,
prêtre de Saint-Sulpice.

(La suite prochainement.)

BIBLIOGRAPHIE

I

La théorie atomique, par M. Ad. Wurtz, membre de l'Institut (1).

Quelle science plus que la chimie a marché de progrès en progrès, depuis que son immortel fondateur, Lavoisier, la débarrassa de la théorie du phlogistique ! Et cependant, les faits l'ont bien montré, les idées théoriques qui la guidaient à sa naissance et dans ses premiers développements n'étaient pas inattaquables. C'est que toute théorie, quelque féconde qu'elle soit dans ses applications, n'est qu'un instrument de travail. L'intelligence s'en sert tandis qu'elle suffit à lui rendre compte des phénomènes; du jour où il n'en est plus ainsi, la théorie est délaissée.

Mais ces changements ne s'opèrent pas du jour au lendemain. Il y a toujours un moment de transition, où les deux doctrines se trouvant en présence peuvent amener une certaine confusion dans les esprits, surtout lorsque l'une et l'autre sont acceptées dans l'enseignement. C'est ce qui est arrivé dans le conflit entre l'ancienne théorie des équivalents, et la nouvelle théorie de l'atomicité dont les bases ont été posées il y a près de 30 ans par Gerhardt, dans un livre ayant pour titre *Introduction à l'étude du système unitaire*. Beaucoup de chimistes se sont ralliés à cette nouvelle doctrine et en ont adopté la notation qui n'est plus celle des équivalents; mais depuis Gerhardt aucun travail spécial n'avait été publié pour exposer d'une façon complète la théorie de l'atomicité.

(1) *Bibliothèque scientif. internationale.*

C'était une lacune. M. Wurtz vient de la combler, en publiant, dans la *Bibliothèque internationale*, un volume, sur la théorie atomique; c'est de cet ouvrage que nous allons essayer de rendre compte.

M. Wurtz consacre plusieurs chapitres à l'histoire de la chimie. C'est une des parties les plus complètes du livre, et nulle part les diverses théories et les travaux qui leur ont servi de base, n'ont été étudiées d'une façon si succincte et en même temps si claire. Il nous fait voir les chimistes du commencement du siècle, entraînés par l'exemple de Lavoisier, travaillant à établir les lois qui président aux combinaisons. C'est Proust, Dalton, qui montrent que les corps s'unissent en proportions définies, et en proportions multiples; Gay-Lussac qui démontre que les volumes des gaz qui se combinent, sont entre eux dans des rapports simples, qu'ils présentent en outre des rapports simples avec les volumes des gaz formés; enfin, c'est Berzélius, l'illustre chimiste suédois, qui commence par perfectionner, d'une façon surprenante, les méthodes d'analyse, pour arriver à établir la fixation des rapports pondéraux et volumétriques, dans lesquels les combinaisons ont lieu, et qui cherche à établir le poids relatif des atomes. Mais, dans ce travail, deux chiffres, multiples l'un de l'autre, se présentent souvent comme également possibles. Berzélius en prend un d'abord pour le rejeter plus tard.

Cependant, en 1811, un chimiste italien, Avogadro, venait de donner une hypothèse complète sur la constitution des corps; hypothèse qui peut se confondre avec celle d'Ampère, et d'après laquelle tous les corps gazeux renferment, à volume égal et dans les mêmes conditions de température et de pression, le même nombre de molécules. Chaque molécule est constituée par plusieurs atomes.

Or, la cause de l'hésitation de Berzélius était qu'il confondait les molécules et les atomes, et qu'il ne tenait pas compte non plus, pour la détermination des poids atomiques, d'une loi que deux chimistes français, Dulong et Petit, venaient de découvrir, sur la relation qui existe entre les poids atomiques et la chaleur spécifique des corps.

Combattue de différents côtés, la théorie atomique de Berzélius succomba pour être remplacée par une théorie soutenue par Gmelin, celle des équivalents ou nombres proportionnels. Gmelin était surtout un critique intelligent; car, dans sa théorie, il ne cherchait pas à se rendre compte des réactions intimes, mais seulement à déterminer les rapports en poids des diverses substances, pouvant se remplacer dans une combinaison.

Vers 1840, cette théorie des nombres proportionnels était admise de presque tous les chimistes, Liebig en tête, quoiqu'elle sacrifiât à peu près complètement la loi des volumes; mais tout n'y était pas clair. Les équivalents de l'hydrogène, de l'azote, du chlore, correspondaient à

deux volumes, tandis que celui de l'oxygène n'en formait qu'un. Les formules de l'eau, HO, de l'hydrogène sulfuré HS, du protoxyde d'azote AzO exprimaient deux volumes; celles de l'acide chlorhydrique HCl, de l'ammoniaque AzH^3, de l'hydrogène phosphoré PhH^3, en représentaient quatre.

Ce fut Gerhardt, qui releva le premier ces inconséquences, et ramena l'attention sur la nécessité de considérer comme équivalentes des quantités d'eau, d'ammoniaque, d'acide chlorhydrique, correspondant à volumes égaux. Il considère l'eau H^2O, comme formée de deux atomes ou volumes d'hydrogène et comme occupant deux volumes, si un atome d'hydrogène occupe un volume ; de même pour l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque.

Mais, puisque ces formules correspondent à deux volumes, elles doivent représenter les molécules. D'après cela, Gerhardt prenant les poids atomiques admis par Berzélius, dédouble les formules de l'acide chlorhydrique $H^2\ Cl^2$, de l'ammoniaque $Az^2\ H^6$, de l'hydrogène protocarboné $C^2\ H^8$, de l'hydrogène bi-carboné $C^4\ H^8$, pour les amener à représenter deux volumes. Voilà le vrai progrès, dit M. Wurtz.

Gerhardt avait été amené à proposer cette réforme, par l'étude attentive des réactions de la chimie organique « savoir, que dans aucune de ces réactions, représentées par les formules et les équations usitées alors d'après Berzélius, il ne se dégage des quantités d'eau et d'acide carbonique, correspondant à H^2O, et à $C\ O^2$, mais que les quantités formées ne sont jamais inférieures à celles qui correspondent aux formules doubles H^4O^2, et C^2O^4.

« On peut en conclure, dit-il, qu'une erreur a été commise dans la construction des formules organiques; car il serait étrange qu'aucune réaction ne donnât lieu à la formation d'une seule molécule d'eau où d'une seule molécule d'acide carbonique. L'erreur est celle-ci : les formules organiques sont deux fois trop fortes, et il convient de les dédoubler, comme il convient de réduire de moitié les poids atomiques. Ces deux choses sont corrélatives, et ce sont précisément les poids atomiques trop élevés, que Berzélius avait attribués aux métaux, qui ont valu aux composés organiques, des formules deux fois trop fortes. »

Ces nouvelles formules introduites dans la notation, devaient amener certaines modifications dans les idées reçues, concernant la constitution des acides et des sels. Les formules de Berzélius, celle de l'acide acétique par exemple, $C^4H^8O^4$, pouvaient se dédoubler en $C^4H^6O^3+H^2O$; il n'en est plus de même avec la nouvelle notation. Dès lors, des idées nouvelles, sur la nature des sels et des acides, furent opposées aux idées dualistiques de Berzélius. Les chimistes qui partageaient cette manière de voir, M. Dumas entre autres, considérant les combinaisons chimiques comme formant un tout, désignèrent cette nouvelle façon d'en-

visager les combinaisons chimiques, sous le nom de système unitaire.

Gerhardt était un esprit ardent et généralisateur, il rallia à ses idées beaucoup de jeunes chimistes qui sont devenus des maîtres, et Laurent le premier associa son nom au sien. Cependant en dédoublant les poids atomiques des métaux, Gerhardt s'était laissé entraîner trop loin. En 1858, M. Cannizarro qui dès le début avait accepté la nouvelle théorie, proposa de doubler de nouveau les poids atomiques des métaux, pour les faire rentrer dans la loi posée par Dulong et Petit, sur le rapport des chaleurs spécifiques et des poids atomiques.

Cette réforme apportée aux poids atomiques des métaux adoptés par Gerhardt a prévalu. En effet, ce nouveau système des poids atomiques, s'appuie sur la loi des volumes et est en harmonie avec l'hypothèse d'Avogadro et d'Ampère. Tel est le titre d'un chapitre du livre que nous analysons.

M. Wurtz fait voir que tous les gaz se soumettent à cette loi et que les exceptions qu'on a invoquées s'évanouissent après de nouvelles observations plus exactes. Pour lui, la loi posée par Avogadro et Ampère est soutenue par des preuves si nombreuses, accumulées depuis 50 années, qu'il ne croit pas les autres lois, celle de Dulong et Petit, par exemple, plus solidement établies. Il nous montre comment, en tenant compte de la loi des volumes, on en est venu à doubler la formule de l'éther. L'éthyle libre ne renferme pas deux atomes de carbone et cinq atomes d'hydrogène, comme le groupe $C^2 H^5$ dans l'hydrate d'éthyle ou alcool, $C^2 H^5$, OH, mais bien $C^4 H^{10} = (C^2 H^5)^2$; car cette formule doublée correspond à deux volumes de vapeur.

« Il résulte de ce qui précède, dit M. Wurtz, que les poids moléculaires des composés volatils, sont rigoureusement donnés par les densités. Et si l'on rapporte ces densités à celle de l'hydrogène prise pour unité, il suffit de multiplier les chiffres obtenus par 2 pour avoir le poids des molécules comparé à celui d'un atome d'hydrogène = 1. Ceci est une règle générale, la densité rapportée à l'hydrogène, c'est le poids de 1 volume. Les poids moléculaires sont les poids de 2 volumes, car les molécules occupent 2 volumes, si un atome d'hydrogène en occupe un : il faut donc multiplier les densités par 2 pour avoir les poids moléculaires.

» Les poids atomiques d'un certain nombre de métalloïdes et de métaux se déduisent des poids moléculaires. Ainsi les poids atomiques du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine, du carbone, du silicium, du titane, de l'étain, du mercure, du plomb, peuvent être déduits des poids moléculaires des chlorures ou des éthylures correspondants. Prenons quelques exemples.

» Le poids moléculaire du chlorure de silicium (donné par sa double densité de vapeur) est 170, et l'analyse démontre que 170 de chlorure

de silicium renferment $142 = 4 \times 35,5$ de chlore et 28 de silicium. La densité de vapeur et l'analyse du chlorure de silicium assignent donc à ce corps la formule $Si\ Cl^4$ et au silicium le poids atomique 28, car on a lieu de croire qu'une molécule de silicium ne renferme qu'un seul atome de silicium. »

Ce même calcul appliqué au zinc-éthyle donne 65 pour poids atomique du zinc, et ce chiffre est confirmé par la loi des chaleurs spécifiques.

On a cru cependant trouver des exceptions à la loi d'Avogadro et d'Ampère, car les densités d'un certain nombre de vapeurs sont en opposition avec cette proposition, que les molécules occupent deux volumes à l'état de gaz ou de vapeurs, si un atome d'hydrogène occupe un volume. Mais M. Wurtz fait voir que ces exceptions sont plutôt apparentes que réelles, que la vapeur des corps qui font exception à la règle générale, est décomposée ou dissociée par la température à laquelle on les élève pour prendre leur densité, et il le démontre pour l'hydrate de chloral par une expérience aussi simple que probante.

La loi d'Avogadro ne s'applique pas seulement aux gaz ou vapeurs composés ; elle s'applique aussi aux gaz simples. Si nous admettons que la molécule des corps composés occupe deux volumes, un atome d'hydrogène occupant un volume, nous devons admettre que la molécule des gaz simples occupe deux volumes. Ainsi, une molécule d'hydrogène, occupant deux volumes, sera formée de deux atomes. Il en est ainsi des molécules d'oxygène, d'azote, de chlore, de brome, d'iode.

Mais il peut y avoir condensation dans la molécule; ainsi l'ozone n'est que de l'oxygène condensé; trois atomes d'oxygène se condensent pour former deux volumes ou une molécule O^3 qui devient alors tri-atomique. Il y a aussi condensation des atomes dans la molécule de soufre, qui chauffée à 500° devient hexatomique, six atomes de soufre étant condensés en deux volumes de cette vapeur, c'est-à-dire dans une molécule. La preuve qu'il y a condensation dans ces molécules, c'est que si on les porte à une très haute température, la chaleur détruit cet état de condensation, l'ozone redevient oxygène et la molécule de soufre condensée S^6 se décompose en quelque sorte, et forme trois molécules de soufre ordinaire S^2.

Après avoir fait voir sur quelles bases repose la fixation des nouveaux poids atomiques, M. Wurtz consacre deux chapitres à montrer que ce système de poids atomiques est également en harmonie avec la loi des chaleurs spécifiques de Dulong et Petit et avec les lois de l'isomorphisme posées par M. Mitscherlitch. Enfin, il expose les travaux d'un chimiste russe, M. Mendéléef, sur les relations des poids atomiques avec les densités. Ce dernier chapitre très intéressant ouvre de nouveaux horizons sur la constitution des corps. Mais ces nouveaux travaux ne sont pas encore assez solidement établis, pour que nous puissions cher-

cher, dans ce court résumé, à les exposer. Cependant, on peut espérer qu'ils seront fructueux en résultats ; car M. Mendéléef, guidé par ses vues purement théoriques, avait désigné dans ses tableaux la place d'un nouveau métal qui devait avoir une densité de 5, 9 ; or, M. Lecoq de Boisbaudran, guidé par des vues tout autres que celle du savant russe, a trouvé ce métal, le gallium, dont la densité est identique à celle qui lui avait été assignée par M. Mendéléef.

Enfin, M. Wurtz termine ce premier livre de son ouvrage, par un exposé sur les volumes atomiques et moléculaires des corps simples et composés, et les méthodes qui ont servi à M. Hermann Kop à déterminer le chiffre de ces volumes.

Le second livre est consacré à l'exposé de l'atomicité, ou *valence* des atomes dans les combinaisons.

Tout d'abord, M. Wurtz expose la différence qui existe entre l'affinité et l'atomicité. « Nous avons constaté, dit-il, que tandis qu'un atome de potassium s'unit à un atome de chlore pour former un chlorure, un atome de plomb, prend deux atomes de chlore, et un atome d'antimoine en prend trois et peut même en prendre cinq. Cette aptitude diverse que présentent les corps simples de former des combinaisons plus ou moins complexes avec un autre corps simple, doit être considérée comme une propriété particulière, inhérente à leurs dernières particules, et, pour la distinguer de l'affinité qui est la force de combinaison, on l'a désignée sous le nom d'*atomicité*, qui est synonyme de *valeur* de combinaison ou de *valence* des *atomes*. Nous allons exposer maintenant, comment cette idée s'est introduite dans la science, quel est le sens qu'il faut y attacher et quelles sont les conséquences qui en découlent au point de vue des théories chimiques. »

Ce fut M. Williamson qui le premier énonça, en 1851, cette proposition, qu'un grand nombre de composés organiques et minéraux, pouvaient être ramenés au type eau $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$; mais si certains d'entre eux, comme l'acétyle $C^2\,H^3\,O$, pouvaient se substituer à un seul atome d'hydrogène $C^2\,H^3\left.\begin{matrix}O\\H\end{matrix}\right\}O$ d'autres, comme le radical sulfuryle $S\,O^2$ peuvent se substituer à 2 atomes d'hydrogène dans une molécule d'eau condensée $\left.\begin{matrix}H^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$; la formule de l'acide sulfurique devenait alors $\left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2$. Tel fut le point de départ de la théorie des types.

On peut aller plus loin, et admettre le type eau trois fois condensé $\left.\begin{matrix}H^3\\H^3\end{matrix}\right\}O^3$; c'est à ce type que M. Wurtz rapporte la glycérine $\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H^3\end{matrix}\right\}O^3$. En effet, on peut considérer le radical $C^3\,H^5$ comme engendré par la

soustraction de 3 atomes d'hydrogène de l'hydrocarbure saturé $C^3 H^8$. Ces exemples montrent que la valence des radicaux est variable. M. Odling eut le premier l'idée de marquer par une notation ingénieuse, qui s'est maintenue, cette différence dans la capacité de substitution. Ainsi $C^2 H^5)'$ $(C^3 H^5)'''$ représentent des radicaux mono ou trivalents.

Si la valeur de substitution n'est pas la même pour les radicaux organiques, il en est de même pour les corps simples. Tandis que l'hydrogène, le chlore, sont monovalents, d'autres, comme l'oxygène, le soufre, sont bivalents, ou trivalents comme l'azote.

C'est M. Kékulé qui, en étudiant les combinaisons les plus simples du carbone, a reconnu que cet élément devait être considéré comme quadrivalent. Ainsi, dans le gaz des marais, il est combiné à 4 atomes d'hydrogène, à 4 atomes de chlore dans le chlorure de carbone; dans l'acide carbonique à 2 atomes d'oxygène qui en valent 4 d'hydrogène. Le carbone est donc un élément quadrivalent, c'est-à-dire que sa capacité de combinaison pour l'hydrogène est de quatre, lorsque celle de l'azote est de trois, celle de l'oxygène deux, celle du chlore un. Le tableau suivant montre la valeur croissante de la capacité de combinaison de ces 4 éléments

$\acute{Cl}$ H acide chlorhydrique,
$\overset{''}{O}$ H^2 eau,
$\overset{'''}{Az}$ H^3 ammoniaque,
$\overset{IV}{C}$ H^4 gaz des marais.

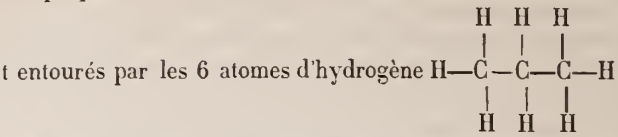
Mais la capacité de combinaison des éléments détermine aussi la valeur de substitution. Ces deux notions sont corrélatives et sont exprimées par le mot atomicité. L'atomicité n'est donc autre chose que la valence des atomes (1).

M. Kékulé est allé plus loin; il a montré que les atomes de carbone peuvent s'unir les uns aux autres et épuiser ainsi une portion des affinités qui résident en eux. Ainsi, dans les carbures d'hydrogène saturés, le nombre des atomes d'hydrogène ne dépasse jamais la limite marquée par la formule $C^n H^{2n+2}$; ainsi CH^4, C^2H^6, C^3H^8.

En décomposant la dernière formule, on voit comment, dans une

(1) On doit désirer voir disparaître le mot atomicité employé pour désigner la valeur de combinaison des atomes. Pris dans ce sens, ce mot ne peut qu'amener la confusion. Pourquoi en effet confondre dans le langage deux choses si différentes : atomicité et valence des atomes? Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, les molécules de chlore, d'hydrogène, sont composées de 2 atomes monovalents, la molécule de mercure est composée d'un seul atome bivalent.

molécule de propane, les 3 atomes de carbone sont soudés les uns aux autres et entourés par les 6 atomes d'hydrogène



S'il en était autrement, chaque atome de carbone serait saturé d'hydrogène et ils se sépareraient l'un de l'autre, en formant deux molécules de gaz des marais.

D'après ces exemples, on voit aussi que le nombre des atomes d'hydrogène doit toujours être pair dans les carbures d'hydrogène saturés, comme Laurent et Gerhardt l'avaient annoncé autrefois, et que la grande stabilité de ces carbures d'hydrogène est due non seulement à la grande affinité de l'hydrogène pour le carbone, mais encore du carbone pour le carbone.

L'affinité et l'atomicité sont deux propriétés distinctes des atomes, qui ne doivent pas être confondues. L'affinité se mesure souvent par la quantité de chaleur dégagée dans une combinaison ; elle varie suivant les agents physiques sous l'influence desquels elle s'exerce. C'est une propriété relative des atomes, et non une propriété absolue comme le poids atomique. L'atomicité est une propriété des atomes, inhérente à leur nature. C'est la capacité de saturation ou valeur de substitution des atomes, et cette valence des atomes est quelque chose d'essentiellement différent de la force de combinaison, ou de l'énergie qui réside en eux. Il y a donc là deux notions très distinctes, l'affinité et l'atomicité.

Mais l'atomicité n'est pas immuable et fixe pour chaque espèce d'atomes, quelles que soient les combinaisons dans lesquelles ils entrent. C'est une propriété relative des atomes, comme l'affinité elle-même. Ainsi le carbone, tétravalent dans le gaz des marais, est bivalent dans l'oxyde de carbone ; sa puissance de combinaison n'est pas épuisée et l'oxyde de carbone n'est pas un corps saturé. De même le phosphore, pentavalent dans son perchlorure, dans l'acide phosphorique, est trivalent dans le trichlorure et dans l'acide phosphoreux. Le sélénium, le tellure, d'autres éléments comme le soufre, sont bivalents dans leurs combinaisons hydrogénées, ils sont quadrivalents dans les acides anhydres SO^2, SeO^2, TeO^2 et dans les chlorures $SeCl^4$, $TeCl^4$, sexvalents dans les anhydrides SO^3, SeO^3, TeO^3. Le chlore, qui est univalent dans ses combinaisons avec l'hydrogène, a une valence très variable dans ses combinaisons avec l'oxygène. L'iode qui appartient à la famille du chlore, se combine avec lui pour former un protochlorure ClI, qui n'est point saturé, car il peut fixer deux nouveaux atomes de chlore pour former un trichlorure $I'''Cl^3$.

Ce ne sont pas seulement les atomes univalents du chlore, du brome, qui peuvent se substituer à un atome d'hydrogène dans les combinaisons. Certains radicaux organiques univalents, c'est-à-dire dans lesquels une atomicité reste libre, comme dans CH^3, peuvent jouer le même rôle. Souvent ces radicaux, s'unissant entre eux, complètent ce qui manque à chacun. C'est ainsi que se forment les composés

$H^3C—CH^3$	$AzC—CAz$	H^3C-CAz
méthyle,	cyanogène,	cyanure de méthyle,

et comme on peut le remarquer, c'est toujours par l'atome de carbone, que l'union de ces groupes se fait entre eux. Deux atomes de carbone peuvent même échanger entre eux deux atomicités $H^2C = CH^2 = C^2H^4$.

La théorie atomique offre donc le moyen de résoudre un problème qui semblait insoluble à Gerhardt; le groupement, l'arrangement des molécules dans les combinaisons chimiques. Elle permet en outre de prévoir les isomères et même d'en prévoir le nombre. Soit la trichlorhydrine, dont la formule est $C^3H^5Cl^3$. Il y a cinq manières différentes de donner satisfaction à la valence des atomes de carbone ; par conséquent, la théorie ne prévoit pas qu'il puisse exister plus de cinq corps présentant la composition de la trichlorhydrine. Les formules suivantes eu expriment la structure moléculaire.

I	II	III	IV	V
CH^2Cl	$CHCl^2$	$CHCl^2$	CCl^3	CH^2Cl
I	I	I	I	I
$CHCl$	$CHCl$	CH^2	CH^2	CCl^2
I	I	I	I	I
CH^2Cl	CH^3	CH^2Cl	CH^3	CH^3
Trichlorhydrine point d'ébullition 158°	Corps bouillant à 140°	inconnu	inconnu	Méthylchloracétal chloré, point d'ébullition 123°

M. Berthelot, partant de cette idée, qu'un seul et même corps peut donner divers isomères suivant la façon dont il a été engendré, admet l'existence possible de plusieurs centaines de trichlorhydrines, en tenant compte de l'ordre relatif des réactions. Mais ce sont là des hypothèses que rien n'est venu confirmer jusqu'à présent. D'après la théorie, il ne peut y en avoir que cinq, qu'on nous montre la sixième, dit M. Wurtz.

Les formules de constitution reposent sur le principe de la saturation réciproque des atomes, mais il importe de faire une réserve sur la signification de ces formules de constitution. Si elles indiquent les relations entre les atomes, elles n'ont pas la prétention de marquer leur position dans l'espace. Ce dernier problème, qui est relatif à la forme des molécules, sort du domaine de la chimie positive, bien que cette science puisse fournir des éléments pour sa solution future.

Enfin, après avoir donné l'exposition complète de la théorie de l'atomicité, M. Wurtz s'élève aux plus hautes conceptions de la philosophie naturelle, dans son dernier chapitre intitulé « hypothèses sur la constitution de la matière. » Ici, tout résumé serait imparfait, et ne pourrait rendre la pensée de l'auteur. Les travaux les plus récents sur les mouvements des atomes, sur leur nombre, leur grandeur, les conséquences qui en découlent, y sont exposés en détail. Il faut lire tout ce chapitre pour en avoir une idée exacte et pour se rendre compte de ce qui peut être admis comme démontré et de tout ce qui est encore à l'état d'hypothèse. D'ailleurs, l'auteur appelé dernièrement à faire la lecture Faraday à l'Institution Royale de la Grande-Bretagne, a choisi pour sujet de sa lecture *la constitution des corps à l'état gazeux*, et il a exposé lui-même un résumé de ses idées, qui a été reproduit en entier dans un grand nombre de revues.

Maintenant que nous avons analysé le livre de M. Wurtz sur l'atomicité, nous devons nous demander si cette doctrine suffit à rendre compte de tous les faits, et si elle est arrivée à un point de perfection tel, qu'on doive la considérer comme une théorie absolue. Malheureusement non. Il en est pour la théorie atomique, ce qu'il en est pour toute théorie que nous créons, elle n'est pas parfaite. Ainsi, après avoir exposé comment les considérations relatives à l'atomicité ont conduit à émettre des hypothèses sur le groupement des atomes, M. Wurtz ajoute : « ce sont des hypothèses, il ne faut pas l'oublier : il y en a de bonnes, il y en a d'aventurées, et, parmi ces formules par lesquelles on cherche à représenter la constitution des corps, celles-là seules doivent être acceptées qui sont l'expression directe et raisonnée des faits; les autres n'ont aucune valeur. »

La théorie atomique a donc certains points faibles, où l'attaque est relativement facile ; d'ailleurs elle ne parvient pas à fournir une explication suffisante de tous les faits. Ainsi les phénomènes d'hydratation n'ont pas encore reçu jusqu'à présent de solution satisfaisante; de même pour la constitution des sels doubles. Mais, quoi qu'il en soit de ces imperfections, la théorie atomique, telle qu'elle est aujourd'hui, doit être considérée comme la plus haute conception des phénomènes chimiques qui ait été donnée. C'est grâce à elle que s'est réalisée l'alliance de la chimie minérale et organique, dont on avait été porté à regarder les réactions comme n'étant pas toujours soumises aux mêmes lois. Aussi, quoi qu'il arrive, ne disparaîtra-t-elle jamais entièrement de la science.

Dr Rupin.

II

Annuaire du bureau des longitudes pour 1879. Paris, Gauthier-Villars.

Peu de publications annuelles sont plus connues et plus répandues que l'*Annuaire du Bureau des longitudes*. Et cependant ce précieux recueil de documents et de données de toute nature est loin d'avoir toute la publicité qu'il mériterait. Son titre scientifique effraie beaucoup de monde ; et quiconque n'est pas géomètre ou astronome s'imagine volontiers, en face d'un annuaire de cette espèce, être un profane absolument indigne d'en parcourir les pages.

Rien n'est moins justifié qu'une telle prévention.

Sans doute un annuaire, rédigé et publié par le Bureau des longitudes ne peut être qu'un annuaire scientifique. Mais, en hommes de sens, les savants qui le composent savent, écrivant pour le public, se mettre à la portée du public ; et ce n'est pas aujourd'hui, quand les notions élémentaires des sciences entrent de plus en plus dans le bagage intellectuel des simples lettres, que la plupart des données et des enseignements fournis par l'annuaire qui nous occupe peuvent être hors de leur portée.

Nous voudrions, par une excursion rapide à travers celui de 1879, rendre le fait évident.

Depuis bien des années, « l'Annuaire publié par le Bureau des longitudes » se compose de deux parties très distinctes : l'une, la plus volumineuse est consacrée à tous les tableaux, chiffres, états, avec données explicatives, destinés à être consultés et étudiés au besoin ; l'autre, rejetée à la fin du volume, se compose d'une *notice*, confiée toujours à un savant de premier ordre, et qui a pour objet de mettre le lecteur, par un exposé aussi littéraire dans son expression que scientifique dans les faits et les idées qu'il exprime, au courant soit des progrès généraux, soit de quelque découverte importante, réalisés en astronomie ou dans les sciences qui s'y rattachent.

Procédons par ordre, et occupons-nous d'abord de ce que l'on pourrait appeler la partie technique de l'Annuaire.

Les éléments qu'elle comprend se classent naturellement en quatre groupes : (I) Données astronomiques ; (II) Poids, mesures et monnaies ; (III) Géographie et statistique ; (IV) Données physico-chimiques.

I. — Que nul ne s'effraie trop du titre par nous affecté au premier groupe. Il s'ouvre par l'explication du calendrier, ou, pour être exact, *des* calendriers ; car si notre calendrier *grégorien* est le seul usité aujourd'hui dans nos pays d'Occident, il en a existé et il en existe

d'autres dont il est non-seulement intéressant, mais fréquemment nécessaire ou utile de connaître le système.

Établi par Jules César, 45 ans avant l'ère chrétienne, le *calendrier julien*, remplacé au XVIe siècle par le grégorien, est encore suivi par les Russes, les Grecs et les orientaux chrétiens. Ces deux calendriers ne diffèrent l'un de l'autre que par la conservation dans le premier de l'année bissextile que le pape Grégoire XIII supprima trois fois en 400 ans, pour remettre le cours civil des temps en harmonie avec leur cours solaire, l'année réelle étant non de 365 j. 25 comme on le croyait au temps de Jules César, mais bien de 365 j. 2422.

Il y a aussi, — ou du moins il y a eu — le soi-disant *calendrier républicain*, tout artificiel et sur beaucoup de points en dehors des faits naturels, mais qu'il est nécessaire de connaître puisque nombre d'événements et d'actes officiels portent les dates de ce calendrier bizarre.

Le *calendrier musulman* est réglé exclusivement par le cours de la lune ; et enfin le *calendrier israélite* suit un système mixte entre les trois premiers, réglés sur la marche du soleil, et le quatrième, basé sur le cours de la lune : il est luni-solaire.

Au moyen d'un tableau de concordance de ces cinq calendriers, il est toujours facile, l'Annuaire à la main, de savoir à quelle date grégorienne, c'est-à-dire usuelle, correspond une date quelconque des quatre autres. Puis au moyen du calendrier astronomique qui suit, on peut se rendre compte, pour chaque jour de l'année, non-seulement du quantième de ce jour et du saint dont l'Église honore la mémoire, mais de l'heure du lever et du coucher du soleil et de la lune, de la déclinaison australe ou boréale du premier, de l'heure du passage au méridien de la seconde, et des mêmes renseignements pour les six principales planètes, avec le temps moyen au midi vrai de chaque jour.

Le midi vrai est le midi que marque le cadran solaire quand le soleil passe au méridien ; et le midi *moyen* que doit marquer toute horloge bien réglée, en diffère dans une mesure qui varie, suivant les époques de l'année, de quelques secondes à près d'un quart d'heure.

L'aspect des planètes en 1879, les éclipses de soleil et de lune — surtout dans le cas où elles ne sont pas visibles en France ; — les éclipses des satellites de Jupiter, même visibles à Paris ; les *occultations* des planètes et des étoiles par la lune ; les dates de l'entrée du soleil dans les douze signes du zodiaque ; les chiffres, précisés jusqu'aux centièmes de seconde, de l'obliquité de l'écliptique aux 1er janvier, 1er juillet et 31 décembre ; l'angle mesurant les demi-diamètres apparents du soleil et de la lune à différents jours de chaque mois, les dates et les mesures des périgées et des apogées de celle-ci ; les heures du passage de l'étoile polaire au méridien ; les positions moyennes des étoiles ; etc., voilà toute une série de renseignements qui ne sauraient assurément intéresser les

personnes étrangères à toute notion d'astronomie. Autant faut-il en dire du catalogue et des éphémérides des étoiles variables avec leurs grandeurs maxima et minima ; autant peut-être des tables de corrections pour déduire, des levers et couchers du soleil et de la lune à Paris, les levers et couchers des mêmes astres sur tous les points de la France ; autant assurément sur les éléments du système solaire, des planètes et de leurs satellites, des comètes périodiques, des époques et des positions en ascension droite et en déclinaison des points radiants des principaux essaims d'étoiles filantes. Mais les tableaux des plus grandes marées et des heures de pleine mer peuvent fournir des renseignements utiles à beaucoup de personnes.

Telle est, indiquée à traits rapides, la substance de la partie de l'Annuaire de 1879 consacrée aux données astronomiques. Elle est due à M. O. Loewy, le membre du Bureau des longitudes chargé de la rédaction de l'Annuaire.

II. — Immédiatement et sans transition matérielle de page blanche ou de titre, nous trouvons dans le commencement du second groupe : Poids, mesures et monnaies. Ce sont là des choses essentiellement usuelles et qui intéressent assurément tout le monde. Qui n'a besoin parfois de se remémorer telle ou telle mesure métrique dont un moins fréquent usage a fait perdre de vue la valeur ? Qui n'a besoin surtout, en une foule de circonstances, de convertir rapidement les mesures anciennes en mesures métriques et réciproquement, ou bien de comparer ces dernières avec les mesures des nations étrangères qui n'ont pas adopté notre système décimal ? Ce besoin journalier est primé par un besoin peut-être plus grand encore, celui de se rendre compte de la valeur intrinsèque et relative des monnaies des diverses nations du monde et de leur rapport avec les monnaies françaises. Tous ces renseignements et plusieurs autres se rattachant au même objet peuvent être obtenus pour ainsi dire instantanément en ouvrant le volume à la page convenable parmi les 76 consacrées aux tables et tableaux relatifs aux poids et aux mesures de toute espèce et aux monnaies de tous les pays. D'autres tableaux, non moins précieux et qui font suite aux précédents, donnent tous les calculs faits pour l'amortissement par annuités d'un capital à divers taux de 1 à 100 ans, ou pour la durée de cet amortissement, ainsi que pour les placements à intérêts composés de 1 à 33 ou 34 ans.

Ce deuxième groupe, d'un développement presqu'aussi considérable que le premier quant au nombre de pages, a pu être analysé d'une manière beaucoup plus rapide, contenant moins de subdivisions essentielles.

III. — Il en est tout autrement pour la « Géographie et Statistique » que l'on pourrait, plus exactement encore peut-être, intituler : Statistique géographique.

Ce groupe comprend six vastes divisions qui se subdivisent à leur

tour, sans parler de l'introduction destinée à exposer et expliquer cette classification de matières.

Dans la première division due à M. Levasseur, huit tableaux fournissent les données générales sur le globe terrestre, hauteurs comparées des principales montagnes, des principaux cols et de certains lieux habités aux plus hautes altitudes, limite des neiges perpétuelles sous l'équateur et aux latitudes de 20, 45 et 65 degrés, hauteur au-dessus du sol des monuments les plus célèbres, développement en longueur des treize plus grands fleuves, superficie et population des huit États les plus importants de la terre, enfin superficie des cinq océans et des cinq parties du monde avec les populations probables.

Ces différentes catégories de renseignements relatifs à la généralité du globe, se retrouvent avec plus de développements et accrus de détails appropriés, dans chacune des cinq autres divisions.

Et d'abord dans la deuxième, relative à l'Afrique, à l'Asie, à l'Océanie et à l'Amérique, le relief du sol, — c'est-à-dire l'altitude des lieux les plus importants : sommets, pics, cols, lacs, villes principales, — est donné successivement pour chacune des grandes régions dont ces quatre parties du monde se composent : puis, dans un ordre analogue, la longueur approximative des principaux cours d'eau, la superficie des grands lacs, suivies des données plus ou moins incertaines sur l'étendue, le chiffre absolu et le chiffre de densité de population de tous les États ou régions et de leurs provinces, enfin la population de toutes les principales villes du globe, l'Europe exceptée.

Les renseignements que fournissent les deux subdivisions précédentes, — la première concernant le globe terrestre en général, la seconde concernant ce même globe, l'Europe exceptée, — nous les retrouvons bien plus développés et enrichis de nouveaux détails, pour l'ensemble de l'Europe, la France exceptée, dans la 3e division, laquelle contient en outre un tableau fort important, mais qui semblerait plus à sa place dans la première ; c'est le tableau XV qui donne la position, par latitudes et par longitudes exprimées en degrés et en heures, d'un très grand nombre de lieux célèbres épars sur tout le monde entier, la France et ses colonies exceptées. Dans le tableau XVI affecté aux superficies et populations des différents États, nous avons, pour chacun d'eux, la population en 1830 et au dernier recensement, la densité de cette population ramenée au kilomètre carré, la proportion des âges, des sexes, des naissances, décès, mariages, etc, tandis que le tableau XVII nous donne le détail par provinces, pour chaque État, de ce que le précédent nous donne d'une manière plus générale par États.

Même marche dans la 4e division ; des tableaux contenant les mêmes renseignements en ce qui concerne la France, ses départements, ses arrondissements communaux.

Même marche encore et renseignements de même ordre dans la 5° division, afférente aux possessions et colonies de la France.

Il ne saurait être question d'altitude, de hautes montagnes, dans le chapitre (la 6e division) où l'on s'occupe plus spécialement de la ville de Paris; mais tout ce qui tient à la population parisienne, à sa densité, à son mouvement y trouve naturellement sa place, ainsi que le tableau de consommation, en denrées de toute nature, de la même ville durant l'année 1877. Des tables de la mortalité de France d'après Deparcieux et d'après Duvillard y donnent, pour chaque âge, le nombre d'années moyen ou probable qu'il lui reste à atteindre.

En résumé, dans chacune des six divisions du groupe III, se rapportant la 1re à toute la terre, la 2e à la terre moins l'Europe, la 3e à l'Europe moins la France, la 4e à la France moins Paris, la 5e aux colonies et possessions françaises, la 6e à Paris, on trouve, autant que le comportent les connaissances actuelles, ces six ordres de renseignements : 1° *altitudes*, 2° *longueur des cours d'eau*, 3° *superficie des États et subdivisions d'États*, 4° *positions géographiques des villes et lieux importants*, 5° et 6° *chiffre, densité et mouvement des populations*. Il faut y ajouter en ce qui concerne Paris, le tableau de la consommation des denrées alimentaires et matières industrielles.

IV. — Nous arrivons au quatrième groupe auquel nous avons attribué le nom de « Données physico-chimiques, » mais qui est designé dans l'Annuaire sous la rubrique *Tables diverses*.

Les premières, précédées de démonstrations que permet de suivre la connaissance de l'algèbre élémentaire, ont pour objet le calcul des hauteurs par les observations barométriques, le tout dû à M. Mathieu. Suivent les tableaux des valeurs comparées des thermomètres de Farenheit et centigrade, centigrade et Réaumur. On doit à M. Marié Davy, directeur de l'Observatoire de Montsouris, des tables de déclinaison de l'aiguille aimantée dans chaque chef-lieu de département et dans un grand nombre de lieux importants, enrichies d'une très belle carte magnétique de la France et des pays voisins.

De ces données, toutes physiques, nous passons à la chimie par un tableau général des corps simples avec leurs équivalents exprimés en chiffres et leurs notations en regard : Aluminium, 13.7, Al — Azote, 14, Az — Carbone, 6, C. — etc. Puis nous rentrons dans la physique par les tableaux que dresse M. Berthelot sur les densités ou poids spécifiques des gaz, de l'air, de l'eau, des liquides, des solides, et M. Damour des minéraux, des roches et pierres de toute nature (construction, sculpture, statuaire, joaillerie), et de différents corps composés : produits métalliques, verres, porcelaines, bois, matières végétales et animales. Le même savant fait suivre ses tableaux de densités d'un petit traité succinct de la *thermochimie* qu'accompagnent trente et un

tableaux des principales données numériques de cette science nouvelle.

C'est ensuite et de nouveau le tour de la physique : tableaux donnant le chiffre de la dilatation pour un degré, entre 0° et 100°, des différents corps solides, des gaz, des liquides ; table des tensions de la vapeur d'eau de 0° à 23° selon M. Regnault ; vitesse du son ; vitesse de la lumière ; points de fusion et d'ébullition d'un grand nombre de corps simples et composés.

Finalement une série de tableaux des indices de réfraction rapportés aux raies visibles du spectre, due à M. Des Cloizeaux.

Les neuf dixièmes environ du volume sont occupés par cette série variée de matières, tableaux et documents précieux à consulter et à étudier, mais qui ne comportent pas, à proprement parler, une lecture suivie et courante. Cette qualité spéciale est réservée à la Notice scientifique.

Celle de 1879 est due à M. Janssen et renferme un simple exposé des progrès récents réalisés dans la connaissance de la *Physique solaire*. Mais cet exposé a tout l'intérêt qui s'attache aux nouvelles découvertes. Il s'agit principalement des faits constatés dans la constitution du soleil par l'emploi de la photographie et qui avaient jusqu'alors échappé à tous autres modes d observation.

Déjà M. Janssen, dans les dernières pages de l'Annuaire de 1878, avait, par une « Note sur le réseau photosphérique solaire, » fait pressentir la très importante *Note sur les progrès récents de la physique solaire* qu'il donne cette année et qui en est le développement détaillé et complet. Nous en fractionnerons l'analyse en trois ou quatre divisions que l'auteur n'a point indiquées, mais qui ressortent d'elles-mêmes de son texte. La première consiste dans un rapide historique de la marche des connaissances en physique solaire depuis l'époque où Arago publiait son *Astronomie populaire*, jusqu'à l'emploi perfectionné de la photographie dans cette branche de la science, exclusivement. Durant les huit ou dix dernières années, M. Janssen a lui-même rempli, dans cette marche, un rôle considérable. — La seconde division a pour objet de faire ressortir les avantages de la méthode photographique appliquée à l'étude du soleil, comme aussi d'indiquer les procédés et les difficultés de cette application, tandis que dans la troisième sont décrits les phénomènes de *granulation* de la surface photosphérique, phénomènes que ni l'observation directe, ni l'analyse spectrale ou polariscopique n'avaient pu jusqu'ici constater. Suit, en manière de conclusion, une sorte de synthèse présentant, en trois pages, une théorie sommaire de la constitution solaire, basée sur les plus récentes découvertes.

Ce qui donne à la première de ces divisions son principal intérêt, c'est le récit des observations qui ont permis à M. Janssen d'étudier tout

particulièrement, et principalement lors de l'éclipse de 1871 à Shoolor dans les monts Nilgherries (Hindoustan), cette matière incomparablement raréfiée qui entoure la chromosphère elle-même, et à laquelle il a donné le nom d'*enveloppe coronale*. Tandis qu'immédiatement au-dessus de la photosphère qui constitue la principale masse éclairante du soleil, on distingue une seconde enveloppe très mince et formée de vapeurs métalliques légères et incandescentes; puis une troisième, beaucoup plus large, très chaude encore, composée principalement d'hydrogène, et désignée sous le nom de chromosphère à cause de sa belle couleur rouge. Les observations de M. Janssen établissent qu'au-dessus de la chromosphère elle-même s'étend une immense atmosphère beaucoup moins chaude, très irrégulière par suite des énormes perturbations auxquelles elle est soumise, sa hauteur variant d'un demi-rayon à un rayon entier du globe solaire; soit de 320 000 à 640 000 kilomètres (80 à 160 mille lieues). Quant à la composition de cette atmosphère coronale, elle présenterait les caractères du gaz hydrogène incandescent, mais dans un état de raréfaction tel que les comètes qui, passant à quelques minutes du soleil, l'ont nécessairement traversée, n'ont pas éprouvé, en passant par ce milieu, de déviation appréciable. Le phénomène des protubérances qui paraît dû principalement à de gigantesques poussées d'hydrogène, s'accomplirait donc au sein de cette atmosphère aussi tourmentée, aussi oscillante qu'elle est peu dense, et dont la forme instable et l'éclat, partie réfléchi, partie directement émis, seraient sans cesse troublés par la présence de poussières cosmiques et d'anneaux de météorites.

C'est principalement à l'aide de l'analyse spectrale que ces belles découvertes ont été faites. Mais, pour l'étude de la photosphère, l'analyse spectrale offre moins de ressources ; c'est, ici, la photographie qui viendra puissamment au secours de l'explorateur. Ses avantages sont nombreux. Le spectre photographique, tout en s'étendant du côté du rouge aussi loin que le spectre oculaire, dépasse celui-ci de l'autre côté, puisque les plaques photographiques sont impressionnées par les rayons ultra-violets non directement perceptibles à notre œil ; leur longueur d'onde est 295 millionièmes de millimètre, tandis que les derniers rayons visibles dans le violet ont encore $0^{mm},000390$. Un deuxième avantage de la photographie, c'est non seulement de fixer et d'immobiliser les impressions qui sur notre œil n'ont que 1/10 de seconde de durée, mais encore d'augmenter leur éclat par l'accroissement du temps de l'action lumineuse. — Le spectre oculaire a un maximum d'intensité qui correspond à la région du jaune, et quand le spectre s'évanouit par l'affaiblissement de l'action lumineuse, c'est le jaune qui disparaît le dernier, mais d'une manière indécise et en quelque sorte par une dégradation progressive et continue des teintes ; le spectre photographique a

aussi un maximum qui correspond à très peu près avec le maximum du spectre oculaire; mais, circonstance remarquable, il s'accuse, quand il est évanouissant, par une bande étroite nettement tranchée et délimitée: de là la possibilité d'obtenir, au moyen de poses excessivement courtes, des images photographiques incomparablement plus nettes que les images purement optiques. — Un quatrième avantage de la photographie, c'est de ne pas restreindre nécessairement par le grossissement l'étendue du champ observé ; on a déjà pu obtenir des images du soleil jusqu'au diamètre de 0^m50 ; on en aura bientôt au diamètre de 0^m70 ; on peut ainsi étudier à la fois les détails et l'ensemble ; tandis que par l'observation visuelle le champ embrassé est d'autant plus faible que la lunette est d'un plus fort grossissement, ce qui isole l'étude des détails. — Enfin si notre œil n'est pas conformé de manière à pouvoir apprécier les rapports entre des intensités lumineuses considérables mais différentes, l'image photographique, réalisée dans les conditions voulues, exprime d'une manière très approchée les vrais rapports d'intensité lumineuse des diverses parties de l'objet photographié.

A côté de ces avantages la photographie a aussi ses difficultés d'application, et c'est là ce qui explique l'infériorité des images photographiques du soleil obtenues jusqu'à ces derniers temps. L'inconvénient le plus grave provient du phénomène que M. Janssen appelle l'*irradiation photographique* et qui consiste dans un agrandissement rapide de l'image qui lui fait perdre toute netteté dans les contours ; c'est ainsi que sur les photographies d'éclipses totales on voit les protubérances empiéter largement sur le disque lunaire lui-même. On prévient ce défaut, dont la persistance rendrait absolument impossible la constatation des détails délicats d'un diamètre moyen de 2 à 3 secondes, par une durée d'action lumineuse excessivement restreinte, et réduite, en été, à 1/3000 de seconde ! Une très grande perfection dans les procédés, une composition particulière de collodion permettant d'en obtenir un tissu d'une extrême finesse, une foule d'autres précautions dont il serait trop long de suivre ici le détail, ont permis à M. Janssen d'arriver à une perfection d'exécution qui laisse à l'observation photographique la plénitude de ses avantages.

C'est ainsi que la surface solaire a pu se révéler couverte d'une sorte de réseau granulaire dont les éléments ou granulations affectent des formes, des dimensions, une distribution sans rapport réel avec les *feuilles de saule*, les *grains de riz* et autres formes que l'on avait pu, précédemment, croire constantes. La forme élémentaire des granulations, forme d'autant plus accusée qu'elles sont plus petites, paraît être la sphère ; mais cette forme se modifie sans cesse, révélant ainsi une matière très mobile, analogue sans doute, quant à sa consistance, à celle de nos nuages atmosphériques, et composée de poussières solides ou liquides

nageant dans un milieu gazeux. Ces granulations sont d'ailleurs diversement groupées et leurs groupements se modifient sans cesse, comme on peut le voir sur deux photographies prises à 50 minutes d'intervalle et publiées par M. Janssen à l'appui de sa notice. Ces mouvements proviennent de courants gazeux ascendants venus des profondeurs de la photosphère, et dont la différence d'intensité ou de violence se révèle dans le plus ou moins de régularité des granulations dans chaque groupement ou région du réseau photosphérique. Il en résulte une variabilité très grande dans le pouvoir lumineux des granulations, dont la conséquence est que les taches solaires ne peuvent plus être considérées comme le seul ni même le principal élément des variations que l'astre peut éprouver dans son action lumineuse.

Des applications stellaires sont aussi faites de la photographie à l'instar de ses applications solaires, et comme dans le soleil, l'hydrogène paraît jouer dans les étoiles un rôle prépondérant. C'est l'hydrogène qui s'élance des profondeurs de l'astre pour soutenir, remuer, brasser, renouveler sans cesse les nuages lumineux qui nous apparaissent sous forme de granulations; ce sont ces jets d'hydrogène enflammé qui, continuant leur élan au delà de la photosphère, alimentent la chromosphère et se répandent en protubérances dans l'enveloppe coronale également alimentée par eux. C'est ainsi que, constamment renouvelées par ces perpétuelles tempêtes de gaz incandescents, les particules solides et liquides qui nous transmettent chaleur et lumière vont incessamment regagner dans les profondeurs de l'astre le calorique qu'elles ont rayonné dans l'espace. Aussi voit-on les nuages photosphériques précipités au fond des taches s'y dissoudre promptement.

Le noyau solaire est donc un réservoir de chaleur, un immense foyer qui alimente les enveloppes lumineuses dont le pouvoir rayonnant nous échauffe et nous éclaire. Donc ce noyau n'est point un globe solide et froid garanti de la chaleur de la photosphère par un écran de nuages opaques et réfractaires comme on le pensait au temps d'Arago : c'est une fournaise de matières à cette effroyable température où toutes molécules sont dissociées. Ainsi l'origine nébulaire du soleil trouve dans les récentes découvertes de M. Janssen une nouvelle consécration, tandis que l'identité de la composition des étoiles, ces lointains soleils, tend de plus en plus à s'affirmer pour donner une nouvelle preuve de l'unité du plan divin dans la création.

A la suite de la Notice de M. Janssen sur la physique solaire, la liste des membres qui composent le Bureau des longitudes clôt, avec la table des matières, l'Annuaire qne nous avons cherché à résumer dans toutes ses parties.

J. D'E.

III

Fouilles faites a Carnac (Morbihan), en 1874-1876, par M. James Miln. — Paris, Didier, 1877, grand in-8° de 253 pages avec 44 planches, 12 plans et de nombreuses gravures intercalées.

Sous ce titre un fouilleur intrépide venu d'outre-Manche, M. James Miln, a publié, il y a deux ans, un ouvrage également remarquable par son exécution typographique et par l'importance des données scientifiques qui en sont l'objet. Malheureusement, son prix nécessairement élevé (50 francs) l'a rendu peu accessible aux petites bourses. Pour ce motif, et aussi peut-être parce que les révélations qu'il contient ne sont point favorables à certaines théories, il est à craindre que le silence ne se fasse sur cette publication. Ce serait un malheur que j'essaierai de prévenir en mettant sous les yeux des lecteurs de la *Revue* une analyse succincte de ce magnifique ouvrage. Les planches et les dessins, si utiles pour l'intelligence du texte, feront hélas! défaut; mais il sera toujours possible à ceux qui en auront absolument besoin, de recourir à l'ouvrage original, et j'aurai du moins le mérite, si faible qu'il soit, de m'être efforcé de mettre en relief des faits qui intéressent à un haut degré le passé de notre histoire et jettent un grand jour sur de graves questions toujours pendantes.

Du sommet du mont Saint-Michel (1) de Carnac (Morbihan), l'on aperçoit avec quelque attention, à un peu plus d'un kilomètre à l'est, de légères éminences dont le relief peu sensible échappe le plus souvent aux regards du visiteur absorbé par la contemplation des étranges et nombreux monolithes qui se dressent dans le voisinage. Connues dans le pays sous le nom de *Bossenno* (bosses, en breton), ces buttes informes, dédaignées des touristes, n'échappèrent pas à l'attention de M. Henri du Cleusiou qui, envoyé en 1873 en mission scientifique dans ces régions, les soupçonna de recéler quelque trésor archéologique et les signala comme telles à M. James Miln, alors de passage à Carnac. Celui-ci n'oublia point les indications de l'archéologue français et, dès l'année suivante, il revenait mettre à exécution les fouilles projetées.

Poursuivies pendant trois étés consécutifs, sous l'habile direction et la surveillance assidue du savant anglais, ces fouilles ont révélé à leur auteur l'existence de constructions spacieuses, dans lesquelles M. Miln a reconnu une villa romaine ou gallo-romaine avec ses dépendances.

(1) Voir le plan des monuments de Carnac, dans l'étude signée Jean d'Estienne, *Dolmens, menhirs et tumulus*. —*Rev. des Quest. scient.*, juillet 1878, p. 100.

La simple énumération des objets trouvés permettra, du reste, au lecteur de juger de la valeur de cette opinion.

La première butte, l'une des moins considérables, contenait une construction carrée de 10 mètres de côté. Les murs étaient bâtis en pierres cubiques de petit appareil, reliées les unes aux autres par un ciment de chaux très dur. Le bâtiment était divisé en quatre pièces. Au fond de la plus grande se trouvaient deux pans de muraille, que M. Miln considère comme étant probablement les restes d'une cheminée. Une hache en pierre polie a été trouvée, paraît-il, en cet endroit. Peut-être l'avait-on placée là comme préservatif contre le tonnerre, usage qui existe encore à Carnac.

De nombreux objets de nature diverse ont été trouvés sur le sol des différentes pièces et à une profondeur de 30 à 80 centimètres au-dessous. Je mentionnerai en premier lieu : quelques morceaux de fer tellement oxydés que leur forme primitive n'a pu être reconnue ; quatre objets en bronze consistant en deux anneaux ou boucles, une petite tige et une tête de clou ou de bouton ; des fragments de verre blanc ou coloré ornés de moulures grossières ; une petite statuette de Vénus en terre cuite ; d'assez nombreux débris de poterie d'une certaine finesse et d'un travail délicat et varié, entre autres des fragments de vases en terre rouge lustrée dite poterie samienne.

A côté de ces débris accusant une époque relativement récente, l'on a trouvé tout le matériel de l'âge des dolmens ou de la pierre polie, spécialement des éclats de silex noir, un instrument en pierre jaune polie taillé à facettes, peut-être une pierre à aiguiser, quelques fragments d'outils en grès poli ayant sans doute servi de polissoirs, une hache en silex taillée, absolument semblable, sauf les dimensions, à une autre trouvée par M. le Guennec, propriétaire du lieu, sous un dolmen voisin ; enfin des vases nombreux, extrêmement grossiers, façonnés à la main, mal cuits, formés d'une pâte terreuse avec grains de quartz. « Ces vases, dit M. Miln, ont la plus grande analogie avec les vases funéraires des dolmens que l'on s'accorde à regarder comme appartenant à un âge très reculé... Il me paraît ressortir de cette comparaison que la ressemblance qui existe entre des produits d'âges si différents (?) peut devenir dans bien des cas une source d'erreurs et que l'on ne saurait se montrer trop réservé lorsque l'on veut faire servir la céramique ancienne comme élément de classifications chronologiques. » (p. 13).

A l'appui de cette opinion l'auteur, qui ne néglige point les rapprochements lorsque l'occasion s'en présente, observe que les paysans des îles Hébrides fabriquent encore aujourd'hui, à la main et sans four aucun, des vases tout semblables.

Pour ne rien omettre, je dois signaler la découverte au même lieu d'une certaine quantité de coquilles, identiques à celles qui vivent

aujourd'hui dans la baie voisine, et d'ossements d'animaux domestiques ou sauvages, entre autres des défenses de sanglier et les dents d'un bœuf de petite race. Ces ossements et coquilles ont été recueillis tant dans le sous-sol de l'habitation qu'au pied extérieur du mur oriental où sans doute on les jetait après le repas. La famille qui a laissé ces débris vivait donc à la fois des produits de la pêche et de l'agriculture, comme les habitants actuels de Carnac. Il est à croire, du reste, que pour se livrer à la pêche, ils n'avaient pas à se déplacer beaucoup. L'on ne sait au juste ce qui en était à cette époque ; mais un aveu de 1740, en la possession de M. Le Guennec, établit que la mer, distante aujourd'hui d'un kilomètre et demi, recouvrait alors, dans les grandes marées, les bas-fonds des Bossenno.

A 10 mètres environ au nord de ce premier édifice, il s'en trouvait un second, le plus important du groupe. C'était sans doute l'habitation du propriétaire de la villa, alors que les autres n'en étaient que des dépendances. Il mesurait 60 pieds de long sur 42 de large et contenait jusqu'à 11 pièces dont un corridor à l'est, trois grandes chambres avec un couloir au milieu et plusieurs petites chambres ou *cubicula* à l'ouest. L'une des grandes chambres, celle qui occupait le centre de l'édifice, recouvrait un hypocauste dont les conduits, encore noircis par la fumée, affectaient par leur disposition la forme d'une croix de Saint-André. L'autre grande pièce, située au sud, était sans doute la cuisine, comme semble l'indiquer la grande quantité d'ossements, de poteries et de coquilles comestibles trouvés en cet endroit.

Les murs de cet édifice étaient construits en petit appareil très régulier dont les assises étaient séparées à intervalles égaux par des cordons de briques.

Quant aux nombreux objets recueillis dans les différentes pièces, ici comme précédemment, ils semblent accuser des époques distinctes, et, s'ils n'avaient été trouvés intimement associés, l'on n'hésiterait pas à leur attribuer des âges divers ; ce sont, d'abord, des monnaies de Gallien, de Claude II, de Tétricus, de Constantin 1er et de Victorin ; de nombreux clous en fer, et d'autres fragments de même métal rappelant soit des ferrures de portes, soit des lames d'épée ; quelques objets en bronze, entre autres une broche ; un petit disque orné d'une rosace et une bague gravée en creux ; un moulin à bras, des morceaux de verre avec stries en relief, un fragment d'une lampe à suif en terre jaune, avec un rebord formant bobèche ; un curieux mélange de poteries celtiques et gallo romaines de formes variées : les unes fines, les autres grossières, les unes en terre rouge dites samiennes, les autres ornées d'ondulations analogues à celles qui se voient sur les parois de quelques dolmens ainsi que sur certaines poteries bretonnes contemporaines.

Ce sont ensuite des objets en pierre et en os accusant en apparence

une époque plus ancienne : une boule bleue opaque, peut-être en turquoise, trois petits outils en silex jaune polis, des pierres calcaires étrangères au pays avec moulures et cannelures, des grains de collier en pierre, un polissoir en pierre grise, une pierre blanche en néphrite, de forme ovoïde ; deux pierres de granit de même forme, avec une rainure tout autour, ayant pu servir, ainsi que des rondelles en terre cuite, à entraîner des filets au fond de l'eau ; des palets en brique; de petits blocs de granit creusés comme pour broyer le grain, ainsi que la chose se pratique encore aujourd'hui dans certains pays, par exemple, chez les indigènes du Bengale ; trois pierres, également en granit, de la forme dite *percuteur*, ayant pu servir de pilons ou de molettes pour le broiement du grain ; de nombreux ossements de ruminants ; un sifflet et deux poinçons en os ; des défenses de sanglier, enfin, quatre objets disposés symétriquement et, sans doute, à dessein, sous le dallage en granit qui recouvrait l'hypocauste, savoir : des fragments d'une meule à bras, une hache polie en diorite, un fragment de poterie gris-noire commune et une petite boule bleue opaque semblable à celle déjà mentionnée.

Le lecteur qui désirerait avoir une idée plus complète de ces divers objets les trouvera figurés et décrits dans l'ouvrage de M. Miln. Il y trouvera en même temps de charmantes chromolithographies reproduisant avec une fidélité rigoureuse les fragments de peintures murales dont quelques pièces étaient décorées.

La troisième butte, toute voisine de la précédente, avec laquelle elle communiquait par un mur enseveli sous le sol, recouvrait, à n'en pas douter, un établissement de bains à l'usage du propriétaire de la villa. Il y avait là toutes les pièces composant un *balneum* : l'*apodyterium* où l'on se déshabillait ; le *tepidarium*, salle chauffée destinée à ménager la transition du chaud au froid ; l'*elæothesium* qui souvent se confondait avec le *tepidarium* et où l'on se faisait oindre et frotter après le bain; le *sudatorium*, étuve ou chambre à transpirer ; le *caldarium* où se prenait le bain chaud ; le *frigidarium* contenant le bain froid ou *baptisterium*. L'on pourrait peut-être hésiter sur la détermination précise de chacune de ces pièces; mais la destination de l'ensemble n'est nullement douteuse.

Outre les six pièces mentionnées, il y avait encore un couloir sur lequel donnait sans doute l'entrée primitive ; une grande salle, à l'ouest, peut-être une salle d'attente ; à l'est une autre plus petite qui pouvait être l'habitation des esclaves employés au service des bains ; enfin tout à fait au sud une dernière qui semble avoir été un fourneau.

Le sol des principales pièces se composait soit de larges dalles en ardoise soit d'un lit de ciment que recouvrait une épaisse couche de pierres sèches et de charbon destinée sans doute à assainir l'appartement. Dans celle que M. Miln considère comme l'*elæothesium* il se trouvait une ban-

quette sur laquelle se plaçaient peut-être les baigneurs pour se faire frotter. Dans une autre, le *caldarium*, l'on mit à découvert deux bains ou réservoirs destinés à contenir de l'eau chaude.

Trois de ces pièces recouvraient des hypocaustes avec lesquels elles étaient en communication à l'aide de tuyaux verticaux.

Une autre était certainement consacrée aux bains froids. L'on y voyait des réservoirs à ses deux extrémités et, au milieu, le bain proprement dit avec un conduit pour le vider, des gradins pour y descendre et, à côté, dans le mur, des sièges pour s'asseoir. Sur le sol, M. Miln a rencontré des fragments de fresques très curieuses tombées du plafond. Il a pu en reproduire quelques-unes qui illustrent agréablement son ouvrage. Ce sont des dessins géométriques à couleurs vives et ornés de coquilles incrustées dans le ciment.

Voici maintenant les objets découverts dans cette troisième butte. D'abord, à l'intérieur de l'édifice, dans les fouilles faites pour dégager les murs : une monnaie de Lucille Augusta, une autre de Constantin, des clous en fer, un petit anneau en bronze, des fragments de poterie rouge samienne, une barre de fer avec des crochets en plomb et des morceaux de verre provenant sans doute d'une fenêtre située au-dessus, des briques carrées ornées de figures ovales, de demi-cercles et de losanges; enfin des coquilles et des ossements de bœufs (petite race), de sangliers, de porcs et de moutons.

Dans les appartements : une monnaie de Constance II, quelques clous et fragments de fer, une broche ou agrafe en bronze du type celtique, un bracelet de femme, un goulot de bouteille en verre blanc, des fragments de poterie commune ou très grossière, des rondelles percées en terre cuite, dites fusaïoles ou pesons de fuseau, des palets en brique ayant pu servir à garnir des filets, une petite boule, peut-être un grain de collier en verre bleu opaque, deux poinçons en bois de cerf, un outil de même bois taillé en biseau, une pierre à aiguiser, des morceaux de placage en marbre blanc veiné de rouge, des pierres à feu en silex noir, etc.

Une autre butte située à une quinzaine de mètres à l'ouest de la précédente, recouvrait un petit temple, — *lararium* ou *sacellum*, — sorte de chapelle privée que les riches romains consacraient aux divinités tutélaires de leurs maisons. Ce monument se composait d'une enceinte carrée de $10^{m}25$ de côté. Ce premier mur, de construction assez grossière, enveloppait une seconde enceinte de même forme que la première. A l'intérieur et près du mur septentrional, se trouvait une pierre carrée en tuffeau, laquelle, dans l'opinion de l'auteur, avait dû servir de piédestal à la statue de quelque divinité.

L'on a trouvé dans cette butte : de nombreuses statuettes, la plupart brisées, représentant des Vénus anadyomènes et des déesses mères,

treize pièces de monnaies embrassant une période de 184 ans, de 169 à 353, et se rapportant à Marc-Aurèle, à Septime-Sévère, à Gallien, à Tétricus, à Constant Ier et à Magnence ; un compas en fer ayant servi sans doute à l'exécution des fresques, où son empreinte est encore marquée ; des fragments de poteries de nature diverse, les unes fines, les autres grossières et mal cuites, un placage en marbre rouge veiné de blanc, un grain de collier en verroterie, une dent d'ours percée d'un trou au milieu, un fragment de hache polie avec trou pour recevoir le manche.

La destination de l'édifice enseveli sous la butte suivante, située en face des trois premières, n'a pu être rigoureusement déterminée par l'auteur ; cependant il est porté à y voir une *villa agraria*, c'est-à-dire l'habitation des laboureurs et des animaux domestiques.

Les murs sont en petit appareil, mais on n'a pas trouvé à l'intérieur la richesse de décoration des édifices jusqu'ici mentionnés. Les objets qui en proviennent sont toutefois assez nombreux et ne diffèrent pas sensiblement des précédents. Ce sont : une monnaie romaine, une épée en fer très oxydée, de nombreux fragments d'objets en fer à peine reconnaissables tels que clous, épées, couteaux, hameçons, harpons, ferrures de porte, plusieurs objets en bronze, spécialement une figurine représentant une sorte de bœuf Apis, une grande quantité de poteries, la plupart de type celtique, un poinçon en os, plusieurs pilons en granit, un fragment de cristal de roche travaillé, des rondelles et des palets en terre cuite ; enfin un silex roulé perforé, conservant encore l'anneau de suspension en bronze à l'aide duquel, sans doute, il était porté en guise d'amulette.

Les fouilles d'une autre petite butte, située au sud de la précédente et, comme elle, en regard des trois premières, ont mis au jour un atelier de forgeron, plus un mélange encore assez remarquable d'objets. Ce sont, en résumé : une monnaie de Claude-le-Gothique, beaucoup d'objets en fer très oxydés et par suite souvent difficiles à reconnaître, entre autres un fer de bœuf se rapportant à une petite race ; une plaque percée de trous et un anneau en bronze ; beaucoup de poteries, les unes rouges lustrées dites samiennes, les autres, la plupart, de type celtique ; de nombreux fragments de briques de toiture tombées sans doute lors de la destruction de l'édifice ; un grain de collier en ambre et une hache polie en chloromélanite.

Un petit tertre situé à 90 mètres à l'ouest du précédent ne recélait aucune construction. L'on y trouva seulement des débris de poteries fines ou grossières, des fragments de tuiles et du verre.

Une dernière éminence, située au nord de la précédente et à 70 mètres à l'ouest du groupe principal fut fouillée par M. Miln qui y trouva quelques pans de mur. Dans la pensée du savant anglais, ces pans de mur faisaient partie de l'enceinte des Bossenno, et peut-être d'une sorte

de corps de garde voisin de l'une des portes. Au-dessous de cet amas de décombres et au niveau du sol l'on trouva : une monnaie en cuivre fruste, quelques clous en fer très oxydés, un fragment de boucle en bronze, un fragment d'agrafe de même métal avec incrustations d'argent, une pierre à aiguiser, une fusaïole, des débris de verre, des restes de poteries samiennes et autres, enfin une pierre en granit avec une rainure tout autour, soit pour peser, soit pour immerger des filets.

Dans toutes ces fouilles M. Miln a reconnu, soit sur les objets recueillis, soit sur les murs eux-mêmes des traces évidentes de l'action du feu. Il en conclut que ces constructions ont été détruites par un incendie, ce qui d'ailleurs est conforme à une tradition locale suivant laquelle ces bâtiments auraient été brûlés en expiation des crimes de leurs habitants. Il fait remonter cette destruction au commencement du vme siècle. L'on sait, en effet, que le soulèvement général de l'Armorique contre l'étranger eut lieu vers cette époque et que ce fut, suivant Zosime, en 409 que les Romains abandonnèrent définitivement leur conquête.

Encouragé par l'heureux succès de ces premières fouilles, M. Miln entreprit de dégager, en 1876, une série de constructions dont il avait, sur divers indices, reconnu la présence au pied méridional du mont Saint-Michel de Carnac. Il trouva là, à peu près totalement ensevelis sous les matériaux provenant du tumulus, quatre corps de bâtiments se faisant suite sur une ligne presque droite. Ici la construction était plus grossière qu'aux Bossenno et accusait une période de barbarie postérieure à l'occupation romaine. Il trouva dans le premier édifice, une petite lame de fer, des fragments de plusieurs vases d'un art fort grossier et faits à la main, quelques fragments d'ardoises et de tuiles à rebords, une fusaïole plate, un affutoir en pierre grise, une petite boule en terre de brique et quatre éclats de silex ; — dans la seconde, un petit fragment de verre, des coquilles, une fusaïole en terre cuite, des fragments d'ardoises et de vases grossiers, plusieurs objets en pierre dont un fragment de hache polie en diorite, quelques éclats de silex, un percuteur et un *nucleus* également en silex ; — dans le troisième, des débris de vases grossiers, deux ou trois fusaïoles ou petites boules en terre de brique, deux petites rondelles en même terre ; un fragment de pilon ou de molette en granit, un palet également en granit, deux galets polis qui ont pu servir de lissoir, un éclat et trois *nuclei* en silex ; — dans le quatrième, une moitié de fer à cheval, deux clous en fer, un fragment de coupe en verre blanc et mince, une grande quantité de poteries plus ou moins grossières, plusieurs ardoises portant des lignes gravées se croisant à angle droit et provenant peut-être d'un ancien carrelage, quelques ossements d'animaux, un fragment de fusaïole et deux morceaux de silex sans caractère.

En dehors, mais tout près de ces mêmes constructions, l'on a trouvé

un peu de fer, des débris de poteries, une hache en silex polie et un couteau en silex taillé (1).

On a pu remarquer que dans toutes ces fouilles, au mont Saint-Michel comme aux Bossenno, le mobilier de la pierre polie ou des dolmens a été rencontré associé à celui d'un âge en apparence plus récent. Partout les éclats, lames et *nuclei* en silex, les haches en pierre polie de diverse nature, les grains de collier en ambre ou autre matière, les poteries grossières faites à la main ont été trouvées à côté d'objets en fer et en bronze, à côté de médailles et de briques romaines. Que conclure de là, sinon que des industries qu'on prétend très distinctes se sont parfois confondues?

Mais voici qui est plus curieux encore, car c'est pour ainsi dire la contre-épreuve de l'observation précédente.

Non seulement les constructions gallo-romaines de Carnac ont présenté à leur explorateur le mobilier des dolmens, mais ceux d'entre ces derniers monuments que M. Miln a fouillés contenaient une industrie nettement gallo-romaine. En pratiquant une tranchée le long d'un alignement de petits menhirs situés à quelques mètres de l'une des buttes, « j'ai trouvé, dit-il, sous la plupart, des fragments de poterie celtique en terre grise et noire ordinaire, des débris de tuiles à rebords (*tegulæ*), des fragments de coupes en terre rouge lustrée, dite samienne, et plusieurs morceaux de charbon. »

A 200 mètres au nord des édifices gallo-romains, sous un grand menhir de $4^{m}33$ de hauteur, il a trouvé également « *parmi les pierres qui servaient de cales*, un morceau de marbre brut de couleur rouge veiné de blanc, un éclat de silex noir et plusieurs fragments de tuiles à rebords (*tegulæ*). »

Ces poteries celtiques et samiennes, ce marbre rouge veiné de blanc, ces tuiles à rebords, ces silex noirs, trouvés sous les menhirs, nous les avons rencontrés également aux Bossenno, et il est à croire que les constructeurs des monuments mégalithiques les empruntèrent à la villa romaine après la destruction de celle-ci. Dans tous les cas, leur seule présence prouve que les monuments qu'ils servent à caler ne sont pas antérieurs à l'occupation romaine.

Or, au jugement de M. Miln, il n'est pas douteux que ces monuments ne soient contemporains des dolmens situés dans le voisinage. Les uns

(1) L'on me pardonnera, en raison de l'importance du sujet, l'aridité des nomenclatures qui précèdent. Aux théoriciens systématiques qui affirment la distinction nette et tranchée des divers âges archéologiques et qui dans le passé voient d'autant plus clair que l'histoire est plus obscure, il convient de répondre par des faits, afin qu'on ne puisse nous reprocher d'opposer système à système.

et les autres font partie d'un même ensemble et entrent dans un même plan général. « Sur le territoire de Carnac, nous dit-il, plusieurs dolmens sont indiqués par des menhirs. » Le grand menhir qu'il a fouillé est considéré par lui comme ayant cette destination par rapport au dolmen situé sur la colline voisine.

Les dolmens seraient donc, comme les menhirs et les autres monuments mégalithiques, postérieurs, dans certains cas, à l'époque romaine. Je dis postérieurs plutôt que contemporains, car il est très certain que l'industrie des dolmens accuse généralement une civilisation inférieure à celle des Romains. Les objets de luxe et les métaux y sont relativement rares. Il est vrai que leur valeur même peut expliquer leur rareté, et qu'il ne faut pas juger de l'industrie d'un peuple par la nature des objets ensevelis dans ses tombeaux. L'on n'enfouit pas de gaieté de cœur des objets précieux, à moins qu'il ne s'y rattache des idées superstitieuses, comme c'était et c'est encore le cas pour les haches polies et les morceaux d'ambre, et l'eût-on fait que les chercheurs de trésors s'en fussent depuis longtemps emparés, si les agents atmosphériques ne s'étaient eux-mêmes chargés de les dissoudre.

Quoi qu'il en soit, le mode de construction des dolmens, sinon la nature des objets qu'ils recèlent, dénotent une industrie peu avancée. L'on y a vu la preuve d'une antiquité très reculée : il est pour le moins tout aussi rationnel d'y voir l'indice d'un retour à la barbarie, surtout lorsque ce mouvement rétrograde de la civilisation est constaté historiquement, comme c'est ici le cas.

Ce que nous savons, en effet, de l'état social des Bretons pendant les sept ou huit siècles qui suivirent l'occupation romaine n'est pas fait pour nous donner une haute idée de leur industrie. Quant à leurs mœurs et coutumes, à leur mode de sépulture par exemple, nous sommes dans une complète ignorance. Tout ce qu'on sait, — encore a-t-il fallu de longues années d'études pour nous l'apprendre (1), — c'est qu'aux XIIe et XIIIe siècles l'on en était encore à cet égard à l'érection des lechs, monolithes grossiers sur lesquels souvent apparaît à peine la main de l'homme. De là aux pierres levées complètement brutes il n'y a qu'un pas, et pour franchir ce pas quelques siècles sans doute ont dû suffire.

L'opinion qui rattache à l'ère post-romaine l'érection d'un certain nombre, sinon de la plupart, des monuments mégalithiques n'est pas seulement rationnelle et vraisemblable : elle a pour elle tous les faits. Parmi ceux qui portent avec eux leur date, je ne sache pas qu'il y en ait un seul qu'il faille rapporter forcément aux temps antérieurs à l'occupation romaine ; or les monuments dont l'âge est ainsi fixé, sans être

(1) Voir la *Notice sur les lechs bretons* de M. Rozensweig, dans la collection des *Mémoires lus a la Sorbonne*, année 1863.

nombreux, ne sont pas absolument rares. J'en ai signalé deux exemples dans les fouilles de M. Miln : à cette occasion le savant anglais en rappelle quelques autres où l'indice révélateur de la date consiste également en des médailles et des briques romaines.

Sous un grand menhir situé à quelques kilomètres de Quimper, en Plomelin, M. l'abbé du Marallach a trouvé une monnaie romaine en bronze et plusieurs fragments de tuiles à rebords.

En 1871, M. l'abbé Collet, vicaire à Plœmel (Morbihan), découvrit dans le tumulus de Mané-Plœrig, au nord de Hanhon, en Carnac : « deux pointes de lance et un anneau en fer, deux pointes de flèche en silex pyromaque, un fragment de verre blanc, plusieurs fragments de tuiles à rebords, une grande quantité de poteries diverses faites au tour, et un fragment important d'une magnifique coupe, ornée de fleurs et de guirlandes, en terre rouge lustrée dite samienne. »

Des fragments de briques à rebords ont également été trouvés dans le tumulus de Mané-Botgade, à l'ouest de Plœmel et dans celui de Mané-Bihnie, à l'est (*Fouilles* p. 200).

Dans un travail antérieur (1), j'ai moi-même signalé des découvertes analogues en divers lieux de Baden, de Locmariaker, de Crubelz et d'Arzon (Morbihan) ; j'en pourrais citer aujourd'hui plus d'une douzaine d'exemples seulement en Bretagne, et les faits de ce genre sont relativement moins rares encore dans le reste de la France, en Angleterre et en Algérie.

Espérons que l'infatigable chercheur dont je viens d'analyser le travail relèvera d'autres faits qui achèveront de porter la conviction dans les esprits (2). En attendant, et dans l'état actuel de la science, il y aurait, ce me semble, quelque mauvaise foi à continuer d'affirmer, avec certains archéologues, l'extrême ancienneté des monuments en question. On l'a vu, ceux d'entre eux dont l'âge a pu être établi, appartiennent à l'ère actuelle ; à coup sûr, ce n'est pas une raison de croire que les autres, la masse, remontent à une très haute antiquité, antérieure aux temps historiques.

Je ne puis terminer sans féliciter M. Miln, et de la fidélité scrupuleuse

(1) *Monuments mégalithiques*, préface, p. XXXVIII-XLI.

(2) Une lettre que M. Miln me fait l'honneur de m'adresser (28 fév. 1879) m'apprend que ce désir est déjà devenu une réalité. J'y lis en effet que, sous plusieurs dolmens et sous deux tumulus qu'il a fouillés depuis deux ans, il a trouvé comme précédemment un mélange intime d'objets en pierre éclatée et polie, de bronze, de fer, de poteries celtiques et gallo-romaines, et même de médailles romaines. Mais je ne veux point anticiper sur le compte rendu qu'il en doit donner au public. Il est juste que, ayant eu le mérite de la découverte, il ait l'honneur de la divulguer.

qu'il a apportée à l'exposé des faits, et de l'absolue impartialité dont il a fait preuve dans leur interprétation, et du soin minutieux avec lequel il a figuré et décrit chacun des édifices fouillés et des objets qui en proviennent. Malgré tous les efforts qu'il a faits pour assurer leur conservation, plusieurs de ces intéressantes constructions ont disparu ; mais si quelque chose peut consoler l'archéologue de leur perte, ce doit être assurément la certitude d'en posséder des plans, des dessins et des descriptions d'une exactitude rigoureuse. Il serait à désirer que tous nos monuments tombassent en de pareilles mains ; les dégradations qui, parfois, résultent de leurs fouilles, seraient avantageusement compensées par les profits qu'en retirerait la science impartiale et sérieuse.

L'abbé Hamard.

IV

Les malheurs de la Philosophie, études critiques de philosophie contemporaine, par le P. de Bonniot, S. J. Paris, Bray et Retaux, 1879.

Une série d'articles, publiés dans les *Études religieuses* (1), remaniés et mis en ordre, forment le fond de cet intéressant volume. Cette origine du livre nous avertit assez que nous ne devons point y chercher l'unité et l'ordonnance d'une œuvre écrite d'un seul jet ; ces pages sont nées de la lutte quotidienne. L'apparition d'un ouvrage, la publication d'un article, où la raison et la morale étaient outragées au nom de l'expérience et des découvertes scientifiques, ont fait surgir isolément la plupart de ces chapitres, groupés maintenant dans un ordre qui n'est pas celui de leur composition et sous un titre qui n'indique peut-être pas assez le but unique qui a constamment guidé le polémiste. Ce but le voici : combattre le positivisme chez ses adeptes et chez ses alliés ; montrer le néant des prétentions de cette doctrine, l'abîme de ses conséquences ; rendre à l'homme son âme et son Dieu et, du même coup, la certitude de la science et la dignité de sa raison.

La tâche que s'imposait l'auteur était pénible, puisqu'elle le forçait à lire de volumineux réquisitoires contre le sens commun, où l'obscurité le dispute partout à l'erreur ; mais elle n'était pas bien difficile. Il est des auteurs qui semblent écrire pour ne pas être lus. Le plus grand mal qu'on puisse leur faire est de les citer textuellement ; ils ne supportent pas cette épreuve, ils en meurent. Les positivistes complets, les petits-

(1) *Études Religieuses*, 15e année, 4e série, tome v et suiv.

fils d'A. Comte, sont de ceux-là. Montrez-les dans toute la sincérité de leur physionomie, tels qu'ils se peignent eux-mêmes dans leurs écrits ; dites ce qu'ils pensent, montrez ce qu'ils veulent, répétez ce qu'ils disent ; on ne vous écoutera peut-être pas jusqu'au bout, mais à coup sûr on sourira, et le bon sens fera le reste. Aussi est-ce moins une réfutation en forme qu'une peinture vraie, moins une discussion détaillée qu'une réprobation justifiée que le lecteur trouvera dans la première partie consacrée à *La philosophie chez les disciples d'Aug. Comte.* Elle s'ouvre par un chapitre sur *Le fondateur du positivisme.* C'est justice. Le positivisme est l'apologie de l'encéphale ; pour ses adeptes la pensée est un produit de la substance cérébrale ; dès lors n'est-il pas tout naturel d'étudier les origines organiques du positivisme, l'amas cellulaire qui secréta cette merveilleuse doctrine, c'est-à-dire le cerveau d'A. Comte ? Quel cerveau ! Le nouveau réformateur du genre humain, son propriétaire, en parle lui-même avec enthousiasme. « Les cerveaux les plus avancés, écrit-il à Stuart Mill, vibrent essentiellement à l'unisson du mien (1). » Pourquoi le jour s'est-il fait sur ces mots à double sens : les cerveaux les plus avancés ? Mais, paix aux morts ; voyons l'œuvre.

Un jour donc « l'ensemble des fonctions de la sensibilité encéphalique » d'A. Comte se mit en branle, et il en sortit « un phénomème physiologique complexe, résultat de l'activité simultanée de plusieurs organes cérébraux, » c'est-à-dire un jugement : « L'unique objet du savoir humain est ce qui peut être vu, entendu, touché, goûté, flairé ; — les limites de la matière sont les limites de la science ; — quant à la raison, à la cause des phénomènes, ignorance complète ; — il faut donc *éliminer* la théologie, la métaphysique, la psychologie, la morale même, en un mot tout ce qui ne tombe pas sous l'observation ; — ce qui restera du savoir humain après cet *évanouissement*, on le groupera en six sciences hiérarchiquement enchaînées, les mathématiques, l'astronomie, la physique, la chimie, la biologie et la sociologie. » Voilà le positivisme. Et remarquez, s'il vous plait, qu'il vient à l'heure et à la place marquées pour lui par « la loi de l'Histoire » qui a fatalement et progressivement fait passer l'humanité de l'état métaphysique à l'état positif où elle peut enfin se reposer et s'épanouir.

Pourquoi faut-il que ces passages s'effectuent si lentement ! Il faut bien longtemps pour transformer un cerveau qui secrète de la théologie et de la métaphysique en un autre qui ne distille plus que le pur positivisme. Mais qui peut deviner ce que nous réserve l'avenir ? Un jour peut-être, grâce au progrès des sciences, on trouvera un procédé inoffensif pour extraire de l'encéphale le lobe où s'exercent les fonctions de l'intelligence ; si l'on résiste à l'opération, on en sortira positiviste parfait.

(1) 20 novembre 1841, *A. Comte*, p. 423 ; cité par l'auteur, p. 15.

Qu'y a-t-il en effet au fond de cette doctrine ? Il y a une philosophie souverainement illogique, basée sur la négation et couronnée par le specticisme ; il y a beaucoup d'audace et tout autant d'obscurité ; il y a peu de science et pas beaucoup de bonne foi. C'est ce qui ressort avec clarté de l'exposition du P. de Bonniot. Chacune de ses citations est un trait ajouté au tableau ; toutes portent coup et mettent l'erreur en évidence. Des réflexions courtes et incisives font ressortir partout le ridicule.

Plus d'âme, plus de Dieu ; voilà le but véritable mais hypocritement voilé de cette secte. Donc plus de causes. Nous biffons tout cela, dussions-nous du même coup nous retrancher du nombre des êtres raisonnables. Ce sont là des « entités verbales », des « fantômes métaphysiques », des « illusions qui encombrent la science du moi. » Au nom des découvertes modernes nous leur substituons l' « irritabilité », l' « évolution », l' « irréductible » surtout l'irréductible. On ne nous comprendra pas ; tant mieux ! Enveloppés de grands mots et voilés de réticences, nous irons partout répétant que nous sommes la science ; que nous seuls ne craignons pas ses révélations ; que nous sommes nés, que nous vivons, que nous grandissons au soleil de ses découvertes. Et si, malgré cela, l'homme se souvient encore qu'il est un être raisonnable, moral et religieux, nous le prendrons par son côté faible. Nous lui donnerons un Dieu « l'humanité » ; nous lui parlerons « d'égoïsme, « et « d'altruisme » ; et comme « tout est relatif » nous préconiserons « la morale personnelle » façonnée par la nature et les circonstances. Pas de preuves, bagage encombrant. Nous sommes révolutionnaires en philosophie comme en politique et en littérature ; et puis, quand on signe A. Comte, E. Littré, Stuart Mill, Wyrouboff, Pichard, Noël, etc., que l'on parle à l'humanité à l'époque où la loi de l'histoire l'a fait passer des ténèbres de la métaphysique aux spendeurs du positivisme, on affirme, et c'est assez.

Les principes, les fondements, les prétentions, la morale du positiviste ; son catéchisme, son roman, sa religion sont successivement passés en revue par le P. de Bonniot dans une série de chapitres écrits avec verve et clarté.

Passons aux alliés du Positivisme. MM. Taine et Luys font tous les frais de cette seconde partie. L'examen du livre *De l'intelligence* du professeur de l'école des beaux-arts et celui de l'ouvrage *Le cerveau et ses fonctions* (1) du savant médecin de la Salpétrière fournissent le sujet des deux chapitres qu'elle comprend.

MM. Taine et Luys n'ont qu'un point de ressemblance ; ils se croient

(1) Voir sur eet ouvrage la *Revue des questions scientifiques*, liv. de janvier 1877, pp. 68-97.

tous les deux philosophes et ne le sont ni l'un ni l'autre. Pour le reste, la divergence est complète. M. Taine est littérateur et historien, il peint avec art et décrit avec clarté. M. Luys expérimente habilement, mais il ne brille pas par les qualités de son style. En revanche le médecin possède bien mieux l'anatomie et la physiologie que le professeur ne connaît la logique et la psychologie.

L'analyse de la longue et savante étude que le P. de Bonniot consacre à ces deux auteurs nous conduirait trop loin. Son travail n'est plus seulement ici une œuvre de simple exposition et de pure critique ; on y trouve souvent, comme dans les pages qui suivent, la vérité mise en face de l'erreur et un bon nombre d'aperçus larges et d'observations originales qui ne sont pas un des moindres mérites de son livre. Contentons-nous de rappeler que pour M. Taine « le moi est une série d'événements » ou, poétiquement, « un polypier d'images ». Cet écrivain prétend sérieusement que le mécanisme de l'intelligence humaine se ramène à la sensation, et n'est, en dernière analyse, qu'un cas particulier des phénomènes physiques.

M. Luys est un peu du même avis, et il nous le dit dans le détail. Sa théorie est le triomphe des « mouvements réflexes ». Il décapite une grenouille et applique sur l'une de ses cuisses une goutte de quelque liqueur caustique. Le pauvre animal n'éprouve plus de douleur, il est incapable de diriger ses mouvements, et cependant il combinera si bien ses évolutions qu'il essuyera la goutte brûlante. Voilà le type parfait, le type unique de toute activité humaine. Tous les mouvements vivants se font en trois temps : au début une impression, au centre une élaboration, à la fin un mouvement. Variez le milieu ; que ce soit, par exemple, les cellules nerveuses de la moelle épinière, et l'impression élaborée deviendra excitation ; substituez-leur le cerveau et vous verrez naître la conscience, la perception, le jugement, le raisonnement ; en un mot, tous les phénomènes psychologiques.

Ceux qui patronnent de semblables doctrines sont des hommes qui nient l'esprit, parce qu'ils ne trouvent que la matière sous leur scalpel. Où donc ont-ils vu dans leurs expériences le mouvement se transformer en pensée ? En vérité toutes les difficultés de la métaphysique ne sont rien en comparaison de ce que ces rêveries imposent à notre intelligence. Il ne suffit pas de dire : « La science ne déclare pas qu'il n'y a point d'âme, point de Dieu, elle déclare que toutes les choses se passent comme s'il n'y en avait pas » ; « nous ne sommes ni athées ni matérialistes », nous ignorons ; ou, ce qui est pis encore, « nous avouons ne pas savoir comment le mouvement se transforme en pensée, mais attendons les révélations de la science ». Ces réticences, ces doutes, cette ignorance sont autant d'insultes à la raison et au bon sens. Avant d'émettre de semblables propositions ou d'essayer une théorie, prenez donc la peine d'exa-

miner *s'il est possible* qu'il en soit ainsi ; vous constaterez qu'il y a un abîme infranchissable entre la matière et l'esprit, entre le mouvement et la pensée.

Nous voici en présence du « matérialisme et de l'athéisme scientifiques. » C'est encore, au fond, le positivisme ; ce nouveau Protée a le triste privilège de se présenter sous toutes les formes de l'erreur. Tantôt, au nom de l'expérience, on faisait de Dieu et de l'âme des entités métaphysiques ; on nie maintenant carrément et scientifiquement, qu'ils soient quelque chose.

Le P. de Bonniot insère ici plusieurs articles publiés en 1877 sous ce titre « Le Monisme. » Ces pages sont pleines d'érudition scientifique et témoignent d'une étude approfondie des travaux récents sur la vie, sa nature et son origine. En général, la part de la science et celle de l'hypothèse sont sagement faites. Nous nous permettrons cependant de ne point partager les vues de l'auteur quand il enveloppe dans une même réprobation la proposition suivante « la matière a toujours existé, » et cette autre « la quantité de mouvement est constante et invariable dans l'univers. » Celle-ci, malgré l'inexactitude mécanique de son énoncé, mérite-t-elle bien la condamnation très juste qu'il inflige à la première ? Est-il bien exact qu'elles ont toutes deux « l'inconvénient très grave de n'être que des hypothèses... et l'inconvénient plus grave encore de contredire ou les faits, ou le bon sens, ou la raison, ou toutes ces choses à la fois ? » (p. 300). C'est un malentendu qu'une explication des termes eût sans doute dissipé (1).

La nécessité de la création est un fait acquis à la science (2) ; la science prouve donc l'existence du Créateur. D'autre part les découvertes de la géologie et de la physiologie, mettent chaque jour davantage en lumière le fait de l'apparition de la vie, à un moment donné, à la surface de notre globe. D'où venait-elle donc ! La génération spontanée a fait son temps ; et le Bathybius n'a pas même vécu ce que vivent les roses. Nous ne nous arrêterons pas à raconter l'éphémère histoire de ce minéral égaré dans le monde organique, elle a été tracée ici même de main de maître (3) ; et nous renverrons le lecteur au livre du P. de Bonniot pour ce qui concerne la nature et la portée de la découverte des microzymas à laquelle M. Béchamp, doyen de la faculté de médecine de l'Université catholique de Lille, a attaché son nom.

Le P. de Bonniot consacre les dernières pages de son livre à la « philosophie solitaire. » Nous nous demandons si *L'autopsie de l'âme* ou

(1) Voir la *Revue des questions scientifiques*, liv. d'octob. 1878, pp. 583-592.
(2) Voir la *Revue des questions scientifiques*, liv. d'avril 1878, p. 577.
(3) Voir la *Revue des questions scientifiques*, liv. de janvier 1878, pp. 67-75.

l'identité du matérialisme et du vrai spiritualisme, par M. P. Sièrebois, peut légitimement prétendre à compter parmi les malheurs de la philosophie. L'auteur est si inoffensif !

Pendant que M. Sièrebois s'efforce de faire croire que tout est matière et que l'âme n'est qu'un gaz ténu, M. de Fouroque prétend que tout est l'Esprit. Pour lui l'Esprit est « la seule réalité absolue ; » la matière n'est qu'une manière d'être de l'Esprit ; l'Esprit est tout, plante, animal, homme et Dieu ; il est à la fois un et multiple ; il est à la fois sensible dans l'animal et insensible dans la pierre ; il végète dans la plante et pense dans l'homme. Il vit dans les parties, il vit dans l'ensemble ; et par sa vie dans l'ensemble il est Dieu « notre Dieu à nous, notre seul Dieu, le Dieu vers qui nous pouvons élever nos regards, notre soleil. » Notre Dieu relève à son tour d'un Dieu supérieur, celui-ci d'un troisième, etc. C'est, on le voit, le panthéisme avec son cortège de contradictions. Le P. de Bonniot prend la peine de réfuter cela. Il nous montre ensuite dans l'*Ontologie* de M. le docteur Durand un panthéisme spiritualiste, un panthéisme de convention. Le Dieu que rêve cet étrange docteur « ce n'est plus l'absurde matière... c'est l'esprit, c'est l'âme, c'est le moi se répétant à l'infini et comprenant tout. » Et l'univers matériel que veut-il bien en faire ? Ni plus ni moins qu'un amas d'atomes spirituels qui se groupent pour former la matière. Maintenant si vous êtes poète comme M. Durand, représentez-vous l'œuf cosmique, quelque peu brahmanique, d'où est sorti le grand organisme dont toutes les espèces végétales, toutes les espèces animales, tous les organismes élémentaires peuvent être considérés comme des organes distincts et divers. Seulement vous croirez tout cela sur parole, car M. Durand a, lui aussi, l'horreur des preuves.

L'exposition loyale et la sage critique du P. de Bonniot impriment un stigmate mérité à toutes ces théories folles ou perverses ; il lui suffit de les montrer telles qu'elles sont, pour nous permettre de les juger et de les condamner sans appel.

J. Thirion, S. J.

V

Manuel de chimie opératoire, *à l'usage des élèves du cours de chimie générale* par Fr. Dewalque professeur à l'Université de Louvain. in-16 232 pp., 4 planches et 2 tableaux. Louvain, Peeters-Ruelens, éditeur.
Tableaux synoptiques *pour la recherche des bases et des acides* par le même. Extrait du manuel ci-dessus indiqué.

Ce volume résume d'une manière succincte, les modes opératoires pour la préparation des combinaisons chimiques classiques : c'est un petit livre sans prétention, mais fort utile et qui est appelé à rendre de réels services aux étudiants, auxquels la loi de 1876 impose des manipulations chimiques.

L'auteur s'adresse à des jeunes gens qui n'ont jamais franchi le seuil d'un laboratoire : il s'est efforcé d'indiquer, outre la théorie des préparations, les diverses précautions à prendre, pour arriver sûrement au but, et il a particulièrement attiré l'attention de l'opérateur sur les accidents qui peuvent se produire.

Monsieur Dewalque dirige le laboratoire des manipulations chimiques, à l'Université de Louvain, depuis douze ans ; c'est donc, en connaissance de cause, qu'il indique les points faibles aux commençants.

L'auteur divise son livre en deux parties : dans la première, il traite des composés de la chimie inorganique et adopte l'ordre généralement suivi, les métalloïdes d'abord, les métaux ensuite, classés d'après leur atomicité. Entre autres choses originales, mentionnons dans cette partie une nouvelle expérience de cours, démontrant d'une manière élégante et simple, la préparation du bicarbonate de sodium, réaction qui sert de base à la fabrication de la soude par le procédé Solvay.

Il fait suivre cette partie d'une annexe qui a été tirée à part sous le titre de : *Tableaux synoptiques pour la recherche des bases et des acides.*

Ces tableaux indiquent la coloration des précipités, obtenus dans la recherche des bases, à l'aide des différentes couleurs; ce qui en parlant aux yeux facilite singulièrement l'intelligence des opérations.

Ils s'adressent surtout aux étudiants en sciences naturelles, qui plus tard n'auront pas à suivre le cours de chimie analytique.

La seconde partie est consacrée aux combinaisons de la chimie organique : l'auteur a, pour l'étude de celles-ci, pris comme point de départ. les principes immédiats que l'on peut facilement retirer des règnes vivants, et dont on dérive les différents composés définis qui constituent la chimie organique. Il a saisi l'occasion d'indiquer les principes de l'analyse des mines ; il consacre, en outre, un chapitre spécial aux

matières albuminoïdes dont l'étude sort du cadre du cours de Chimie générale, et est d'une importance capitale pour le futur médecin.

Le manuel de M. le professeur Dewalque est fait pour servir de guide dans les exercices pratiques exécutés par les élèves du cours de Chimie générale. Les étudiants, en faisant les exercices indiqués, ont les moyens les plus efficaces de se familiariser avec la préparation des différents corps et de s'inculquer, d'une manière durable, les notions si complexes de la chimie. Les élèves en sciences naturelles et en candidature en pharmacie y trouveront des notions de chimie animale et des indications sur la préparation des substances employées en médecine ; les élèves ingénieurs pourront y puiser les expériences fondamentales du cours de chimie industrielle, un des cours les plus importants des écoles spéciales, confié aussi à l'auteur du manuel que nous venons d'analyser.

G. Bruylants.

VI

Le Révérend Père Secchi, *sa vie, son observatoire*, etc., *avec une préface, un portrait et des planches*, par M. l'abbé Moigno. Paris, Librairie des *Mondes*, 1879, in-12.

Le R. P. Secchi personnifie avec raison, aux yeux du savant et vénérable auteur de ce petit livre, l'alliance d'une science réelle et hardie avec une soumission entière aux enseignements de la foi. M. l'abbé Moigno a donc eu l'heureuse idée de grouper, en un volume de 276 pages, quelques-uns des titres de gloire de l'immortel astronome romain et les principaux hommages rendus à sa mémoire, pour en faire une sorte de couronne funéraire déposée sur sa tombe. Bornons-nous à indiquer ici le contenu de cet intéressant opuscule que tout le monde voudra lire.

La première partie se compose de la traduction d'un travail du plus haut intérêt, écrit par le R. P. Secchi à l'occasion du jubilé du prédécesseur de Léon XIII, et intitulé : *L'astronomie à Rome sous le pontificat de Pie IX*. C'est un récit curieux de l'histoire des différents observatoires astronomiques de la ville des Papes, et spécialement de celui qu'ont illustré les labeurs du P. Secchi, l'observatoire du Collège romain. Une description détaillée de cet établissement, accompagnée de planches ; un exposé étendu des travaux qui y ont été effectués, soit pour les services publics de l'État pontifical, soit au point de vue de la science pure : étude des planètes, du soleil et de lune, astronomie stellaire et

spectroscopie céleste, étude des comètes et étoiles filantes, travaux de géodésie astronomique, de météorologie, de magnétisme terrestre ; voilà l'indication des sujets traités dans ce mémoire qui ne témoigne pas moins de la féconde activité du P. Secchi que du zèle éclairé des Pontifes romains.

Viennent ensuite un catalogue détaillé des travaux du R. P. Secchi, catalogue connu des lecteurs de cette *Revue*, ainsi qu'un recueil de toutes les inscriptions latines qui rappelaient, lors des funérailles de l'illustre jésuite, ses titres à l'admiration du monde savant ; puis une indication intéressante, mais incomplète, des appareils dont le P. Secchi se servait principalement dans ses recherches.

La cinquième partie réunit un certain nombre d'écrits consacrés, soit à la vie du grand astronome, soit à ses ouvrages : l'éloge funèbre prononcé à l'Académie de Palerme par M. Cacciatore, la notice nécrologique due à M. Alfred Gautier de Genève, un extrait de l'excellent travail publié dans cette *Revue* même par le R. P. Van Tricht, un article du journal anglais *Nature* ; puis l'analyse de l'ouvrage sur le Soleil que nous avons donnée ici même ; enfin, une conférence faite par le Père Secchi au Collège romain, le 4 juillet 1878, sur les *Étoiles*, programme détaillé de l'ouvrage sur ce même sujet que la *Bibliothèque scientifique internationale* de M. Germer Baillière a publié depuis la mort de l'auteur. Un résumé de l'ouvrage sur l'*Unité des forces physiques* et quelques réflexions sur la prévision du temps, par le P. Secchi lui-même, terminent ce petit livre d'une lecture aussi agréable qu'instructive.

Il nous reste à signaler l'introduction à cet ouvrage par M. l'abbé Moigno. C'est un peu, à l'occasion du P. Secchi, une sorte d'autobiographie du savant et laborieux Directeur des *Mondes*. Elle ne manque ni d'originalité ni de piquant, mais je ne puis me dispenser d'y signaler, à propos de Galilée, une appréciation que les travaux de la critique moderne ne permettent plus de soutenir.

Ph. G.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

PHYSIQUE

—

Déplacement des raies spectrales dû au mouvement de rotation du soleil. Nouveau spectroscope Thollon. — L'intelligence de ce phénomène est assez difficile. Pour la faciliter on me permettra de recourir d'abord à un phénomène plus saisissable. — On sait qu'un son s'élève dans l'échelle de la tonalité, selon que, pour un temps donné, le nombre des vibrations qui le produisent augmente ou diminue. On sait aussi que le mouvement sonore se transmet avec une vitesse de 340 mètres par seconde.

Supposons qu'un corps sonore, posé à 3400 mètres de nous, émette 100 vibrations à la seconde. Sa première vibration mettra 10 secondes avant d'atteindre notre oreille ; mais comme la deuxième, la troisième et les suivantes doivent faire le même voyage, nous les recevrons à des intervalles de temps égaux à ceux qui les ont séparées à l'endroit même où se trouvait le corps sonore. Nous entendrons ainsi, en une seconde, les cent vibrations émises pendant ce même temps ; le son perçu et le son émis seront rigoureusement les mêmes. Mais tout changera si nous supposons que le corps sonore lui-même soit en mouvement et s'avance vers nous avec une vitesse comparable à celle du son : 170 mètres par seconde par exemple.

Expliquons cela. Au départ le corps sonore est à 3400 mètres et le son qu'il produit doit mettre 10 secondes pour nous arriver. Après une seconde, il n'est plus qu'à 3230 mètres de nous et ses vibrations nous arrivent après 9 secondes et demie ; après deux secondes, il est à 3060 mètres et ses vibrations nous arrivent après 9 secondes ; enfin, après trois secondes, il est à 2890 mètres et ses vibrations nous arrivent en 8 secondes et demie. Pendant tout le trajet le son *émis* demeure invariable. Sa tonalité est déterminée par des vibrations se succédant à un centième de seconde d'intervalle. En sera-t-il de même du son *perçu ?* Non. Pour nous en convaincre, sans allonger outre mesure nos calculs, admettons que le corps sonore passe brusquement après une seconde, de la première à la deuxième étape, y demeure immobile pendant la deuxième seconde, puis passe brusquement à la troisième étape. Entre la dernière vibration perçue de la première étape, et la première vibration qui nous arrivera de la deuxième il ne se passera plus un centième de seconde, mais seulement 0,0095 de seconde... La même chose se reproduirait à chaque déplacement brusque du corps sonore. Or, cet intervalle, amoindri de 5 dix millièmes de seconde, caractérise un son plus élevé que le son émis. — Ces considérations restent les mêmes si au lieu de ces déplacements brusques nous supposons un déplacement continu. Ainsi le son perçu, dans notre hypothèse, est plus élevé que le son émis, et la différence est d'autant plus marquée que la vitesse avec laquelle le corps sonore s'avance vers nous est plus grande. Il est aisé de s'apercevoir que si le corps sonore s'écartait de nous, au lieu de s'approcher, le son perçu se déplacerait en sens inverse et baisserait au lieu de monter.

Ce qui arrive pour le son, arrive pour la lumière ; de même que chaque son occupe une place déterminée dans l'échelle de la tonalité, de même chaque rayon lumineux a sa place déterminée dans l'échelle lumineuse. De même que le son d'un corps qui s'approche de nous s'élève sur la première, de même un rayon lumineux émis par un astre qui s'approche de nous, s'élève sur la deuxième et se déplace dans la direction du violet extrême, la plus rapide de toutes les vibrations lumineuses. Une étoile, par exemple, qui s'avance vers nous, déplace toutes ses raies dans le sens du violet. Inversement une étoile qui s'écarte de nous les déplace vers le rouge.

C'est en partant de ce fait et en mesurant ce déplacement que l'on est arrivé à calculer que telle étoile, Arcturus par exemple, se rapproche du soleil avec une vitesse de 88 kilomètres par seconde, soit de 693 000 000 de lieues par an.

Ces vitesses sont énormes et c'est grâce à cette grandeur que le déplacement des rayons qu'elles élèvent ou abaissent devient saisissable à nos instruments.

Tout ceci est ancien; voici ce qui est nouveau. Tous les points de la surface solaire rayonnent leur lumière dans l'espace ; et le soleil tournant sur lui-même, il s'ensuit que nous recevons successivement le rayonnement de tous les points de cet astre.

Que si l'on veut suivre un point déterminé de ce corps immense et le séparer par la pensée de tous les autres, voici ce que l'on remarquera. Prenons, pour fixer les idées, un point extrême d'un diamètre équatorial et partons du moment où il apparaît à l'est du soleil. C'est alors seulement que son rayonnement commence à pouvoir nous atteindre. Or pendant le premier quart de rotation de l'astre, ce point s'avance vers nous avec une vitesse décroissante, et par suite il déplacera ses raies dans le sens du violet ; pendant le quart de rotation suivant, il s'éloignera de nous avec une vitesse croissante et déplacera ses raies dans le sens du rouge.

Mais la rotation du soleil autour de son axe est relativement fort lente : un tour complet en 27 jours et 3 dixièmes ; ce qui rend presque négligeable la vitesse avec laquelle le point que nous considérions s'approche ou s'écarte de nous.

Toutefois, si l'on pouvait superposer dans un même champ optique les spectres de deux points voisins des deux extrémités du diamètre solaire, l'un et l'autre déplaçant leurs raies en sens inverse, le déplacement total serait manifesté par un écart double entre les positions d'une même raie, dans l'un et dans l'autre spectre.

Peut-être alors, avec des appareils d'un grand pouvoir dispersif, pourrait-on observer le phénomène.

C'est ce qu'a voulu tenter M. Thollon. Il l'a fait avec un plein succès.

Il y a un an, M. Thollon communiquait à l'Académie des sciences (1) la description d'un spectroscope à vision directe. Dans cet appareil, l'emploi très ingénieux et très remarquable de deux prismes à réflexion totale et d'un biprisme central ramenait le rayon lumineux au sortir du spectroscope proprement dit dans la direction qu'il suivait en y entrant. Nous ne nous arrêterons pas à le décrire, ce qui serait d'ailleurs assez difficile sans le secours d'un dessin ou d'une figure. M. Thollon avait adapté ce dispositif à un spectroscope à huit prismes, et il avait obtenu alors un spectre de plus d'un mètre d'étendue, dans lequel, entre les raies D, on apercevait nettement la fine raie du nickel et deux ou trois raies telluriques : la raie b_2 était décomposée en trois.

Peu de temps après (2) M. Thollon donnait la théorie de la réfraction lumineuse à travers un système de prismes en nombre pair, de même substance, dont les angles de réfringence sont égaux, dont les arêtes sont

(1) *Comptes rendus*, 4 février 1878. T. 86, p. 329.
(2) *Comptes rendus*, 4 mars 1878. T. 86, p. 595.

parallèles et qui, pris deux à deux, sont orientés de manière à dévier dans le même sens les rayons lumineux. Il arrivait, entre autres, à cette conclusion remarquable : « Si, dans un pareil système, la dispersion élémentaire est un peu moindre que dans les autres, elle est constante dans toute l'étendue du spectre, qui conserve alors une parfaite proportionalité, soit sous le rapport de son développement, soit sous le rapport de l'intensité. » Cette année (1), le même savant imagine un prisme à sulfure de carbone de construction nouvelle.

« Au lieu d'être clos latéralement par des lames à faces parallèles, il l'est par des prismes en crown, dont les angles réfringents sont en sens opposé du celui du sulfure. Les milieux réfringents sont distribués comme dans le prisme d'Amici, avec cette différence que les angles des crowns sont beaucoup plus petits et que, à l'entrée comme à la sortie, le rayon lumineux passe toujours entre le sommet de l'angle et la normale à la face. Ce système tient donc le milieu entre le prisme simple et le prisme à vision directe ; la déviation est moindre que dans le premier, et la dispersion plus grande que dans le second (2). »

On peut juger du pouvoir de ce prisme par la comparaison suivante :

La distance angulaire des raies D, dans des prismes de 60°, traversés au minimum de déviation par la lumière du sodium, se trouve être dans les

Prismes en flint d'indice 1,61.	20″
» en flint d'indice 1,63.	23″
» ordinaires au sulfure.	45″
» nouveaux composés	2′.0″

En montant un spectroscope avec des prismes de ce genre, M. Thollon, avec un oculaire grossissant de 15 à 20 fois, obtint un spectre d'environ 15 mètres, dans lequel la distance angulaire des raies D était de 12′. C'est avec cet instrument si puissant qu'il songea à observer l'écart produit par le déplacement en sens inverse d'une même raie, issue de deux régions opposées de l'équateur solaire.

En calculant, à l'aide de la formule de M. Fizeau, la valeur réelle de l'écart, il se trouva qu'il était le $\frac{1}{150}$ de l'intervalle qui sépare les raies

(1) *Comptes rendus*, 13 janvier 1879. T. 88, p. 80.

(2) Je ne voudrais diminuer en rien le mérite de la découverte de M. Thollon, mais je me souviens parfaitement avoir vu fonctionner au laboratoire de physique du Collège de la Compagnie de Jésus, à Louvain, des prismes au sulfure de carbone dans lesquels une des faces de l'angle de réfringence était formée par une prisme disposé comme l'indique M. Thollon. Ces prismes au sulfure étaient de construction américaine.

D, dans le jaune. Or dans l'appareil, la distance apparente de ces deux raies est de 15 à 18 millimètres ; il y avait donc espoir.

Un dispositif ingénieux amena la superposition des deux spectres dans le champ du spectroscope.

« La monture actuelle de mon spectroscope ne permet pas de l'incliner sur son axe : la fente reste donc toujours verticale; le miroir de l'héliostat n'est pas très bon et ne permet pas d'obtenir des images suffisamment nettes ; de plus, quand j'ai fait mes expériences, l'atmosphère n'avait ni le calme, ni la transparence nécessaires; enfin le local où j'ai opéré est exposé à de nombreuses et violentes trépidations ; néanmoins, en dépit de ces conditions désavantageuses, j'ai constaté un déplacement de raies parfaitement net et se rapportant sensiblement à celui que j'avais calculé.....

» Le spectre apparaissait partagé en deux par une ombre transversale ; les raies métalliques éprouvaient à leur passage dans cette ombre une brusque déviation et, à partir de cette région, les deux moitiés d'une même raie n'étaient plus sur le prolongement l'une de l'autre. Le phénomène était si net que l'observateur le moins expérimenté aurait pu le constater... Les raies telluriques n'éprouvaient aucun changement (1). »

Règle géodésique internationale. — On se souvient que l'Association géodésique internationale avait confié à M. H. Sainte-Claire Deville la construction d'une règle géodésique en platine iridié, destinée à reproduire avec toute la rigueur désirable la longueur du mètre. Ce travail, achevé déjà, demandait un complément indispensable, que M. H. Sainte-Claire Deville, aidé de M. E. Mascart vient de lui donner.

Il fallait, par une étude approfondie du métal qui composait la règle, rechercher les variations que pouvait subir avec le temps la distance comprise entre les deux points ou les deux traits qui, de part et d'autre, terminaient le mètre. C'est l'objet d'un mémoire publié par les deux savants, dans les *Annales scientifiques de l'Ecole normale* (2). Nous croyons utile d'en analyser un passage — sauf à revenir plus tard sur l'ensemble, — pour montrer quel souci de la précision et de la rigueur ces messieurs ont apporté dans leur travail. Jamais peut-être, ce soin capital dans toute détermination scientifique n'a été poussé aussi loin.

La règle, on le sait, est formée de platine et d'iridium purs. Pour en assurer l'homogénéité les deux métaux ont été fondus ensemble un grand nombre de fois, jusqu'à ce que des déterminations de densité,

(1) *Comptes rendus*, 27 janvier 1879. T. 88, p. 169.
(2) Janvier et février 1879. T. VIII.

exécutées sur des échantillons pris en tout point de la masse du lingot, aient abouti à des résultats concordants.

Cette densité s'est trouvée 21 508 pour le métal fondu et 21 516 pour le métal recuit à haute température. Les densités théoriques trouvées par le calcul, à la suite d'analyses, avaient été une première fois 21 510, et une seconde 21 515.

Après ces opérations préliminaires, MM. Johnston et Matthey, de Londres, qui avaient été chargés de la préparation du lingot, le divisèrent en deux parts. La première — les deux tiers environ du tout — servit à fabriquer la règle. La deuxième — le tiers restant — fut employée à construire, par laminage et soudure autogène deux cylindres creux sur lesquels nous allons nous arrêter aujourd'hui.

Tous deux ont une longueur d'environ $1^{m}06$ et sont fermés par des calottes hémisphériques; tous deux portent deux traits gravés par MM. Brunner et séparés par une longueur égale à celle du mètre des archives.

Le premier, que M. Deville appelle le « témoin » remplace momentanément, dans les recherches, le mètre lui-même. Le deuxième deviendra plus tard et définitivement le tube témoin, mais comme il servira en même temps de thermomètre, il l'appelle le tube thermométrique. Pour l'employer à ce dernier usage, différentes conditions sont requises. Il faut d'abord en jauger le volume intérieur à 0°. Il faut ensuite en connaître la dilatation aux différentes températures. Il faut enfin mesurer à ces mêmes températures la dilatation apparente du gaz qu'il renferme.

Le jauger d'abord. Rien de plus simple en apparence; il suffit de peser l'appareil vide de tout gaz et de le peser ensuite plein d'eau purgée d'air, à la température de 0°. Et toutefois, des pesées de ce genre exigent plusieurs mois « parce qu'il faut employer le temps à étudier la marche de la balance, et faire toutes les corrections dues à la température, à la pression, à l'état hygrométrique de l'air ambiant, etc. »

La balance employée fut celle qui servit à V. Regnault dans ses recherches : construite par M. Deleuil père, elle est sensible au dixième de milligramme, sous une charge de 5 kilogrammes. Les poids cotés furent ceux que construisit Fortin pour l'Observatoire.

Deux pesées successives donnèrent pour différence entre les deux poids :

$$P_1 - p_1 = 1^{k},03881227$$
$$P_2 - p_2 = 1^{k},03881269$$

La divergence n'apparaît que dans les dix millièmes de gramme.

Et toutefois ces pesées si précises ne satisfont pas nos savants ; ils ont projet de les reprendre avec une balance spéciale construite à cet effet, « dont le fléau serait tout en acier, que l'on entourerait d'une cage de

fer, et qui permettrait d'effectuer les pesées dans le vide, à la température constante de la glace fondante. »

On conçoit d'ailleurs ces précautions inusitées : le poids de l'eau contenue dans le tube thermométrique pouvant donner le signe et la mesure des variations que subirait sa capacité intérieure, par suite de déformations dans la matière qui l'enveloppe. Une variation d'un millième de millimètre dans la longueur qui sépare les deux traits marqués au burin, se traduirait par une variation de poids de $3^{mgr},11$ dans le poids de l'eau qui y serait contenue. Or, une pesée ordinaire suffit amplement pour trahir une variation semblable. Une pesée délicate la pourrait mesurer.

Voici maintenant comment on procède pour déterminer, aux diverses températures, la dilatation propre du tube thermométrique.

Le tube témoin est, nous l'avons dit, constamment entouré de glace fondante. L'auge qui le contient est placée sur le chariot d'un comparateur et amenée sous deux microscopes fixes pour constater d'abord l'invariabilité de position des deux traits dont nous avons parlé plus haut.

Le tube thermométrique placé dans une auge semblable est d'abord amené à 0°, et la position de ses deux points extrêmes est vérifiée, à cette température, à l'aide du même comparateur. Après quoi on enlève la glace fondante et l'on permet au thermomètre de prendre la température ambiante, ou telle autre température que l'on voudra, car l'auge est disposée de manière à recevoir, après la glace fondante, la vapeur d'un liquide quelconque en ébullition.

Une fois cette température atteinte, les traits initiaux des deux tubes — le témoin et le thermomètre — étant mis en coïncidence, on observe au microscope le désacord entre les deux traits terminaux. A cet effet, le trait terminal du tube témoin est suivi d'une graduation millimétrique, tracée avec tout le soin que comportent nos procédés de division, par MM. Brunner.

C'est donc sur le tube témoin qu'on lit l'excès de longueur du tube thermométrique, à la nouvelle température, ou la dilatation qu'il a subie, suivant une de ses dimensions en passant de 0° à t°. — On peut en déduire sa dilatation totale. Mais la mesure qui a servi à cette détermination, le millimètre gravé sur le tube témoin, pourrait avoir subi des variations de longueur, si la matière du tube avait subi des modifications dans sa structure : de là une nouvelle et très élégante vérification.

Le millimètre du témoin est d'abord comparé à un millimètre gravé sur une petite plaque métallique indépendante. Celle-ci est ensuite déposée dans un appareil, où sans s'écarter de la température 0°, elle reçoit, comme le ferait un écran, les bandes d'interférence d'une lumière homogène bien définie, le thallium par exemple ou la lithine. La longueur d'onde d'une lumière semblable est connue avec toute la rigueur désira-

ble et elle sert à vérifier la longueur du millimètre ; on peut en effet calculer le nombre de franges que l'on devra compter entre les deux traits extrêmes d'un millimètre.

Je ne sache pas que jamais la précision dans les méthodes scientifiques de recherche ait été poussée plus loin. Reste maintenant à mesurer la dilatation du gaz — c'est l'azote que M. Sainte-Claire Deville emploie — enfermé dans le thermomètre.

A cet effet, le thermomètre « communique avec un voluménomètre de forme particulière.. Le principe de ce nouvel appareil consiste à maintenir le gaz à pression constante, en lui faisant équilibre par la pression d'une autre masse de gaz, astreinte à occuper un volume invariable, dans un vase constamment entouré de glace fondante. Le gaz qui s'échappe du tube thermométrique, à mesure que la température s'élève, est mesuré à cette pression constante, et à la température de 0°, par le poids du mercure qu'il déplace. »

Cette description un peu vague ne nous permet pas de rien préciser sur le dispositif de l'appareil. Mais quel qu'il soit, elle amenait une vérification nouvelle. Le poids du mercure soulevé mesure la dilatation du gaz, or la densité exacte du mercure nous est-elle bien connue ? — V. Regnault l'avait déterminée par un procédé classique. Il pesait à même température un volume égal d'eau et de mercure; mais ces deux corps avaient été préalablement portés à l'ébullition dans le vase de verre qui les contenait. « On se trouve ainsi dans le cas d'un véritable thermomètre à mercure et l'on peut craindre que les causes qui produisent le déplacement du 0 dans les thermomètres, ne donnent lieu à un changement de volume du vase dans le cours des expériences. D'autre part le vase peut encore se déformer et changer de volume sous le poids du mercure qu'il renferme. Nous avons évité ces causes d'erreur en faisant le remplissage des liquides dans le vide, et en plaçant le vase dans un bain de mercure pour compenser la pression intérieure. »

Le chiffre obtenu fut

13,5962

V. Regnault avait trouvé

13,5959

Une expérience de vérification dans laquelle on pesa successivement d'abord dans l'eau, puis dans le mercure un même cylindre de platine iridié donna

13,600

Nous nous arrêtons ici. Nous en avons dit assez pour montrer la rigueur qui préside aux délicates opérations dont M. Sainte-Claire Deville

a été chargé, et qu'il conduit à terme avec tant de persévérance et tant d'esprit scientifique.

Régulateurs électriques. — On a imaginé en ces derniers temps plusieurs dispositions nouvelles pour ces instruments, dont il existe déjà des modèles fort nombreux. Presque toutes mettent en œuvre des mécanismes très compliqués et malheureusement, si parfaits qu'ils soient, presque toutes exigent encore le coup de pouce traditionnel qu'il importerait avant tout de pouvoir éviter.

Nous nous bornerons à citer aujourd'hui deux régulateurs d'une simplicité extrême, sans rouages et presque sans mécanisme, pouvant d'ailleurs suppléer dans la plupart des cas aux régulateurs les plus parfaits.

Le premier a été présenté par M. E. Ducretet à l'Institut de France, le 30 décembre dernier (1). Le crayon négatif est horizontal et fixé à une colonne de cuivre qu'une vis de pression permet d'établir et de fixer à hauteur voulue.

Sous le charbon négatif, dans un bain de mercure, plonge le charbon positif; la poussée du liquide le soulève jusqu'au contact du charbon négatif, et au point de contact, se produit l'incandescence. Voici du reste ce qu'en dit M. Ducretet lui-même :

« La principale particularité que présente cette lampe consiste dans l'emploi d'une colonne de mercure, dans laquelle plongent un ou plusieurs crayons. La différence de densité agit seule en produisant une poussée (que l'on peut régler d'ailleurs par l'adjonction d'une petite masse à la partie inférieure des crayons) qui amène constamment et régulièrement les crayons à leur point d'appui au fur et à mesure de leur usure. Plus la poussée est forte, plus loin s'étend l'incandescence. Une pile de 6 à 10 Bunsen donne déjà de beaux effets, soit à l'air libre, soit à l'intérieur d'un récipient. Notre disposition assure une résistance égale dans le circuit, quelles que soient la longueur des crayons et leur usure ; la partie immergée dans le mercure n'intervenant pas dans le circuit, et celle qui ressort restant d'ailleurs constante. »

Sept jours après cette communication, M. Reynier réclamait la priorité de cette découverte et apportait à l'appui un extrait d'un mémoire annexé à son brevet. Il est assez curieux de voir comment les deux inventeurs s'étaient bien rencontrés. Voici l'extrait de M. Reynier : « Le charbon, plongé dans une cuve de mercure, est muni à sa partie inférieure d'un lest plein ou creux. Le système plus léger que le volume du liquide déplacé, est poussé verticalement de bas en haut, de sorte

(1) *Comptes rendus*, 30 décembre 1878. T. 87, p. 1081.

que le charbon, guidé au besoin, progresse à mesure qu'il s'use, en butant sans cesse sur le contact en bout. Le mercure qui baigne le charbon constitue un contact latéral parfait, composé d'un nombre infini de points, entre lesquels se partage le courant transmis. La totalité de ce courant traverse la baguette de charbon entre la ligne d'émersion et le contact en bout... »

La question de priorité n'était donc pas douteuse, mais M. Ducretet, n'ayant eu aucune connaissance du mémoire, gardait le mérite de la découverte sans en conserver l'honneur.

Le deuxième régulateur simple dont nous voulions parler a été imaginé par M. R. Werdermann ; il a recueilli des éloges enthousiastes — et très mérités, semble-t-il, — en Angleterre, où il a servi dans les tentatives récentes d'éclairage électrique.

L'électrode négatif se termine par un disque de charbon épais, de deux pouces environ de diamètre. L'électrode positif par un crayon de charbon beaucoup plus mince. Le contact permanent entre les deux est amené et maintenu contre le disque par le jeu d'un petit contrepoids qui le soulève. Un ressort que l'on peut tendre à volonté oppose au glissement du crayon un frottement variable et permet ainsi le réglage de l'appareil.

Givre et verglas. — Ces phénomènes ont donné lieu récemment à des observations intéressantes (1).

La station supérieure de l'établissement météorologique, établi au Puy-de-Dôme, par le commandant Périer, se trouve en plein dans la région des nuages. Il est fréquent de la voir se couvrir de givre, dans des proportions étonnantes et dont nous n'avons guère d'idée, nous qui vivons communément plus bas.

Ainsi, les fils télégraphiques qui reliaient à l'origine la station du sommet à la station de la vallée, et dont le diamètre était de 6 millimètres, s'enveloppaient d'un manchon de givre, qui les transformaient en cordes de 20 millimètres de diamètre. Sous ce poids, le fil fléchissait et se rompait, et l'on dut se résigner à remplacer la ligne télégraphique aérienne par une ligne souterraine.

Les paratonnerres qui surmontent l'observatoire deviennent des cônes de 30 centimètres de diamètre à la base.

La tour, le mât des anémomètres, son palier, son échelle, les haubans, se fondent et se mélangent en une seule masse neigeuse.

Mais un fait plus remarquable est celui-ci. C'est par les vents d'ouest et de nord-ouest que se forment le plus souvent les couches de givre :

(1) *Nature*, Juin 1878.

alors, du côté d'où souffle le vent, se dressent, en partant des objets que le givre recouvre, de longues tiges glacées d'un mètre de longueur parfois, toutes horizontales, toutes parallèles et dirigeant leur pointe vers la région d'où le vent leur arrive, si bien que les objets vus de ce côté semblent revêtus d'une armure de hérisson.

A ces observations faites au Puy-de-Dôme, ajoutons celles que le verglas du 22 janvier a permis de faire. Ici encore les proportions dans lesquelles le phénomène s'est produit sont des plus remarquables.

L'épaisseur de la glace formée sur les arbres, les fils métalliques et sur tous les objets extérieurs a atteint 2 centimètres, à Angers, suivant une observation de M. C. Decharme (1). Certaines feuilles d'arbustes étaient chargées d'un poids de glace égal à cinquante fois leur propre poids. Un grand nombre de branches d'arbre se sont brisées, lorsque le commencement du dégel est venu interrompre la continuité entre la couche de glace qu'ils portaient et celle qui couvrait les branches plus grosses.

A la Chapelle-Saint-Mesmin (Loiret), M. L. Godefroy signale des faits semblables (2). Le thermomètre oscillait entre - 2° et – 4° ; du 22 au 24 janvier il tomba 36^{mm},3 d'eau. Le poids des branches alla en augmentant durant ces trois jours ; dès la première nuit plusieurs furent brisées; vers la fin du second jour les craquements se succédèrent avec une rapidité toujours croissante : le lendemain les branches arrachées et brisées jonchaient le sol ; des arbres entiers gisaient déracinés, d'autres, et des plus grands, étaient fendus en deux jusqu'à la base. Le gazomètre de l'usine, soudé par le verglas à ses colonnes de fonte, ne descendait plus que par secousses. Les chaînes, fixées aux poulies, se brisèrent et les contrepoids restèrent suspendus, attachés seulement par la cohésion de la glace.

Voici un chiffre qui explique ces effets surprenants. Une brindille de tilleul d'un décimètre de longueur fut pesée avec son manchon de glace ; la balance accusa 60 grammes ; après la fusion, la brindille ne pesait plus que 0,5 de gramme.

A Fontainebleau (3), la température se maintient de même à une moyenne de - 3°. Une couche de glace de 2 à 3 centimètres couvre le sol. Chaque brin d'herbe est entouré d'une gaine atteignant parfois 3 centimètres. Les arbres perdent leurs branches et se brisent eux-mêmes. Un arbre de 2^{m}20 de circonférence à la base et de 37 mètres de hauteur est rompu, sous le poids de la glace, à 4^{m}50 au-dessus du sol. Les fils télégraphiques de 4^{mm} de diamètre atteignent 38^{mm} et se rompent.

(1) *Comptes rendus*, 27 janvier 1879. T. 88, p. 193.
(2) *Comptes rendus*, 3 février 1879. T. 88, p. 244.
(3) *Comptes rendus*, 3 février 1879. T. 88, p. 245.

Voici des pesées communiquées à l'Institut par M. Piebourg.

Branche	avant la fusion	après la fusion
d'alaterne (a	200 gr.	7 gr.
id. (b	210	11
de rhododendrum	360	13
d'épicéa	660	30
de bouleau	700	50
id.	29 kil.	4 kil.

Des effets analogues se sont produits dans d'autres localités, mais ceux-ci suffiront pour donner idée des ravages que ce phénomène, inoffensif d'ordinaire, peut produire quand il prend ces proportions.

Nouvelles recherches sur la compressibilité des gaz.—Les expériences classiques que l'on réalise ou que l'on décrit dans les cours en traitant de la compressibilité des gaz, parcourent une échelle de pressions assez réduite. Regnault, à qui l'on doit les plus précises, n'avait pu dépasser 30 atmosphères. La tour Savart, contre laquelle il avait dressé son manomètre, n'avait guère que 12 mètres de hauteur, et pour atteindre la pression que nous venons de dire, il avait dû faire élever sur la terrasse de la tour un grand mat vertical.

Plus récemment ces recherches ont été reprises, mais les difficultés d'installation se sont rencontrées toujours les mêmes. On ne pouvait songer à utiliser dans ces sortes de recherches un manomètre métallique : les indications de ces appareils n'ont pas la rigueur voulue. Moins encore pouvait-on penser aux manomètres à gaz comprimé, puisqu'il s'agissait précisément de vérifier l'allure de la compression d'un gaz.

En ces derniers temps, M. Cailletet d'une part, M. Amagat de l'autre, ont résolu la difficulté en utilisant les puits artésiens et les puits de mine. M. Cailletet a pu ainsi atteindre des pressions de $181^{m}985$ de mercure ; M. Amagat des pressions de $327^{m}388$. Tous deux ont opéré sur l'azote.

M. Cailletet (1) fit son expérience dans le puits artésien de foncement à la Butte aux Cailles. Sa profondeur est de 560 mètres ; le sondage n'ayant pas encore atteint la nappe jaillissante, le puits est plein d'eau stagnante dont on peut déterminer, à toute profondeur voulue, la température.

Nous allons décrire l'appareil employé par M. Cailletet. Il comprend deux parties distinctes : le tube-laboratoire et le manomètre.

Le tube-laboratoire est formé d'une cloche de $1^{m}50$ de longueur et de 22^{mm} de diamètre intérieur : il contient le piézomètre, dans lequel est enfermé le gaz, et deux thermomètres à maxima donnant le 1^{0} de degré. Ceux-ci sont destinés à fournir la température du gaz. — Il

(1) *Comptes rendus*, 13 janvier 1879. T. 88, p. 61.

donne de plus entrée au manomètre dont la colonne mercurielle exercera et mesurera les pressions. Le tube-laboratoire devant être descendu dans les eaux du puits, il fallait trouver le moyen d'évaluer le volume minimum occupé par le gaz dans l'éprouvette au moment où celle-ci atteindrait sa profondeur maximum.

Cette difficulté a été très ingénieusement résolue. L'éprouvette est graduée avec soin, puis recouverte à l'intérieur, par un procédé connu, d'une mince couche d'or. Le mercure en y pénétrant dissout la couche, et marque ainsi d'une façon bien nette et bien précise la hauteur à laquelle il a pu atteindre.

Le manomètre est singulier. Il est formé d'un tube en acier doux de 3mm de diamètre intérieur et de 250 mètres de mercure ; il s'enroule dans une rainure hélicoïdale creusée sur un cylindre de 2 mètres de diamètre mu par une manivelle. Il est tout entier rempli de mercure et tandis que l'une de ses extrémités est fixée au cylindre, l'autre pénètre dans le tube-laboratoire et le supporte en partie. Je dis en partie, car, de peur de surcharger le fil du manomètre par un poids qui pourrait le déformer, M. Cailletet a soin de suspendre également le laboratoire par deux fils d'acier sur lesquels, de 5 en 5 mètres, des traits de repère ont été burinés. Ces fils se déroulent en même temps que le manomètre, ou s'enroulent avec lui.

On voit que l'expérience proprement dite est bien simple. Il suffit de dérouler lentement le manomètre et de laisser descendre ainsi le laboratoire à la profondeur voulue. La pression sera mesurée par la hauteur de mercure comprise entre le plan passant par la génératrice supérieure du cylindre et le plan passant par le niveau supérieur du mercure dans l'éprouvette. — L'examen de l'éprouvette, à la fin de l'expérience, permettra de déterminer la position de ce dernier plan au-dessus de la base du laboratoire ; l'observation des points de repère tracés sur les fils d'acier, donnera la longueur déroulée du manomètre ; et de ces deux chiffres on déduira la hauteur de la colonne manométrique.

Nous avons dit comment on obtenait le volume correspondant occupé par la masse gazeuse.

Il y aura des corrections à faire, mais les thermomètres en fourniront les éléments.

La manière de procéder de M. Amagat me semble présenter sur celle de M. Cailletet d'assez grands avantages (1).

Son appareil est installé à l'Éparre, près de Saint-Étienne, dans un puits de mine (puits Verpilleux). Le puits a une profondeur de 380 mètres, mais à 326 mètres de l'orifice s'ouvre une galerie (bouveau) abandonnée, à l'entrée de laquelle l'opérateur s'est établi. Là, sous ses yeux

(1) *Comptes rendus*, 17 février 1879. T. 88, p. 336.

et sous sa main, se trouve l'éprouvette contenant le gaz et la pompe foulante qui chassera le mercure dans l'éprouvette et dans le manomètre. C'est en somme, on le voit, l'appareil de Pouillet. Le manomètre, un fil creux d'acier, sort de la galerie, s'applique à l'aide de doubles pinces sur un cylindre en tôle destiné à l'aérage, et remonte avec lui jusqu'à l'orifice du puits, qu'il dépasse de 2 mètres ; il atteint ainsi 328 mètres de hauteur. Le mode d'expérimentation n'a guère besoin d'être expliqué. On détermine à l'aide de la pompe une pression donnée ; une lunette viseur permet d'évaluer le volume occupé par la masse gazeuse sous cette pression ; enfin un second opérateur porté par la cage de la houillère à hauteur voulue, détermine le niveau occupé par le mercure dans le tube manométrique, ce qui donne la valeur de la pression elle-même.

Les corrections de température ont été presque insignifiantes : ainsi l'eau qui enveloppait l'éprouvette n'a pas varié de plus de 0°,15 pendant toutes les expériences et, durant la dernière série, elle n'a pas même varié de 0°,03 ; ce qui est très important, le coefficient de dilatation des gaz sous fortes pressions n'étant pas connu.

Dans les expériences de M. Cailletet, la variation avait atteint 2°, 2 (de + 15° à 17°, 2)

Nous donnons ici en regard quelques résultats parallèles obtenus par les deux savants ; il est intéressant de voir ce que devient sous les hautes pressions le rapport $\frac{PV}{P'V'}$ qui, si la loi de Mariotte était rigoureuse, devrait rester égal à l'unité.

M. Amagat.		M. Cailletet.	
Pressions	PV	Pressions	PV
96,698 . .	51594	99,188 . .	8536
128,296 . .	52860	124,122 . .	8857
158,563 . .	54214	154,224 . .	8973
190,855 . .	55850	181,985 . .	9330
221,103 . .	57796	»	»
252,353 . .	59921	»	»
283,710 . .	62708	»	»
327,388 . .	65428	»	»

En calculant $\frac{PV}{P'V'}$ pour les expériences successives de M. Amagat on trouve les valeurs suivantes.

0,9760
0,9516
0,9238
0,8927
0,8613
0,8227
0,7885

Si bien que « sous la pression de 430 atmosphères le volume du gaz est près d'un quart plus grand que celui que l'on déduit de la loi de Mariotte, ce qui correspond à une différence de près de 100 atmosphères sur la pression nécessaire pour obtenir la réduction de volume déduite de cette loi. »

VICTOR VAN TRICHT, S. J.

PHYSIOLOGIE

Courant propre des muscles. — Si sur un muscle, je pratique une section transversale et que je place les deux électrodes d'un galvanomètre suffisamment sensible, l'un sur la région moyenne ou l'*équateur* du muscle, l'autre sur la section, je constate un courant qui va de l'équateur à la section : ce courant apparaît même, quoique avec une intensité moindre, dans les muscles non sectionnés et l'on observe alors que l'équateur est positif par rapport aux deux tendons. De plus, les propriétés électriques des muscles leur sont communes avec les nerfs. Très simples à constater, ces phénomènes sont beaucoup plus difficiles à interpréter et voilà plus d'un quart de siècle qu'ils ont jeté le trouble dans les écoles de physiologie.

Dans le principe, M. du Bois-Reymond leur donnait une telle importance qu'il croyait y avoir trouvé la clef des mystères qui enveloppent le fonctionnement de l'activité nerveuse. Pour lui, l'influx nerveux et le courant électrique étaient tout un, et il s'ingéniait à faire concorder les lois de l'un et de l'autre, quand il fut forcé de renoncer à cette théorie, quelque peu aventureuse, en présence de l'énorme disproportion qu'il constata entre les vitesses de translation de ces deux espèces d'activité. L'influx nerveux voyage avec une vitesse de 30 mètres par seconde, chiffre bien modeste à côté des milliers de lieues que parcourt l'électricité dans le même temps. De plus une solution de continuité dans le nerf ne peut être suppléée par un conducteur électrique, quelque bon qu'il puisse être, tandis que pour le bon fonctionnement d'un télégraphe, il n'est nullement requis que le même fil aille d'une station à l'autre ; on peut souder bout à bout différents fils sans entraver en rien la facilité des communications.

Quoique déchus de ce rôle prépondérant, les courants électriques demandaient cependant une explication, et l'on verra que dans ce cas les physiologistes ont donné libre carrière à leur imagination. Il convient cependant de dire qu'ils n'ont point prétendu faire accepter leurs hypothèses pour des réalités, et la lutte entre les théories contraires a eu l'heureux résultat de multiplier les expériences et de mettre au jour plusieurs faits nouveaux.

M. du Bois-Reymond s'est représenté la fibre musculaire comme constituée par une file de *molécules péripolaires*, positives sur leurs faces longitudinales, négatives sur les transversales, en appelant faces longitudinales celles qui sont plus ou moins parallèles à la direction de la fibre, transversales celles qui lui sont perpendiculaires. Que les molécules soient cylindriques, sphériques, ou d'une autre forme, peu importe : cependant dans les figures où il faut bien leur donner une forme quelconque, l'usage a prévalu de les représenter sphériques avec l'*équateur* positif et les *pôles* négatifs. Grâce à ces propriétés des molécules, il est assez clair que la surface longitudinale de la fibre sera positive par rapport soit aux tendons, soit à une section transversale quelconque, car celle-ci mettra toujours à nu les pôles d'un certain nombre de molécules.

Cette façon de se représenter la fibre musculaire suppose nécessairement que, même à l'état d'intégrité, les muscles ne jouissent pas d'une tension électrique égale en tous leurs points. L'observation semblait ici d'accord avec la théorie, car des muscles en grand nombre, soumis à l'expérimentation, n'avaient cessé d'offrir un courant allant de l'équateur aux tendons. Malheureusement on ne fut pas longtemps sans voir que certains gastrocnémiens de grenouille, préparés avec grand soin, se comportaient fort différemment : le courant électrique entre l'équateur et les tendons était nul, ou bien tellement petit et de sens si variable qu'il ne pouvait être attribué qu'à un accident de préparation. En présence de faits embarrassants, le premier mouvement du créateur d'une théorie n'est point de la faire retomber dans le néant d'où il l'a fait sortir : au contraire, ce sont les faits qui sont sévèrement contrôlés et s'ils sortent victorieux de l'épreuve, on cherche un *modus vivendi* qui permette aux faits et à la théorie de vivre l'un à côté de l'autre sans trop de froissements. Les phénomènes difficiles sont considérés comme des exceptions, ceux qui sont favorables sont estimés normaux. M. du Bois-Reymond conserva donc ses molécules péripolaires, mais les divisa en deux molécules *dipolaires*, formées de deux hémisphères, l'un positif, l'autre négatif : les hémisphères positifs des deux molécules dipolaires se regardaient et, dans la molécule péripolaire, la région moyenne était conséquemment, comme auparavant, positive par rapport aux extrémités. Il en était ainsi sur tout le muscle à l'exception de la région

voisine des tendons : là existait une couche où, dans chaque molécule péripolaire, l'une des molécules dipolaires, la plus extérieure, avait fait une demi révolution sur elle-même, de telle sorte que son pôle positif était porté en dehors : cette couche, la couche *parélectronomique*, avait donc toutes ses molécules dipolaires orientées de la même façon et jouissait en conséquence d'une tension positive qui masquait complètement la tension négative des couches plus intérieures. C'était là tout le mystère de ces singuliers gastrocnémiens, isoélectriques à l'équateur et aux tendons. Aussi suffisait-il, et on le faisait bien remarquer, d'enlever, soit mécaniquement soit chimiquement, la couche parélectronomique pour ramener ces muscles à l'état ordinaire.

Les cas exceptionnels de M. du Bois-Reymond deviennent, aux yeux de M. Hermann, les cas normaux! Dans le vivant, tous les muscles en repos sont, pour lui, isoélectriques dans toute leur longueur et, si on pouvait les mettre à nu sans lésion, jamais on n'y constaterait de courant. La couche parélectronomique n'a aucune réalité et le courant musculaire propre n'est pas masqué : tout simplement il n'existe pas. Il n'y a de courant musculaire que lorsqu'il y a lésion ou excitation du muscle : si la plupart des muscles observés présentent ces courants, c'est qu'il est difficile d'atteindre ces tissus sans les léser ; si, au contraire, certains gastrocnémiens sont à peu près isoélectriques, c'est que le gastrocnémien offre les conditions les plus favorables pour être examiné dans un état à peu près normal. Nous ne suivrons point M. Hermann dans le développement de ses vues : nous ne nous occuperons ni du rapprochement qu'il a voulu établir entre l'activité musculaire et la rigidité cadavérique, ni de cette substance *inogène* créée de toutes pièces par lui sans que personne l'ait jamais vue ou puisse concevoir l'espoir de la voir jamais, tant elle est apte à se décomposer, ni des dédoublements et des synthèses dont s'accompagne dans son système l'activité musculaire : tout cela peut montrer chez l'éminent professeur de Zurich autant de génie inventif que chez son collègue de Berlin ; mais une seule chose nous importe ici, c'est de savoir si, à l'état normal, le muscle est isoélectrique, oui ou non, et, réduite à ces termes, la thèse de M. Hermann nous semble bien la plus probable.

D'abord les raisons d'analogie militent en sa faveur. Il y a accord unanime entre physiologistes sur les modifications apportées à l'état électrique des muscles par quelque genre d'irritation que ce soit : les excitations mécaniques, chimiques, physiologiques déterminent toutes, sans exception, une variation électrique dans les tensions respectives des différents points des muscles. Si les excitations sont la cause ordinaire des variations électriques, on se demande quelle raison on pourra avoir de faire jamais remonter jusqu'à la constitution même du muscle un courant quelconque qu'on pourrait y observer. Quelle garantie, en effet,

pouvons-nous avoir de l'intégrité complète d'un muscle? N'est-ce donc rien de le dénuder, de le détacher de ses connexions naturelles? Un rien suffit pour y déterminer des contractions très visibles et nous croirions qu'on peut impunément faire toutes les opérations préliminaires requises pour le mettre en communication avec un galvanomètre? La thèse soutenue par M. du Bois-Reymond demanderait des conditions d'expérimentation inaccessibles à la science actuelle : ajoutez à cela les faits contraires, ces muscles sans courant observés par le professeur de Berlin lui-même, puisqu'il a inventé pour eux sa couche parélectronomique, et la foi aux courants propres des muscles normaux risque fort de s'évanouir complètement. C'était à multiplier ces cas de muscles isoélectriques que s'étaient attachés pendant plusieurs années M. Hermann et les autres adversaires des courants propres. Mais récemment (1) le professeur de Zurich a inventé une autre méthode destinée tout spécialement à enlever à ses contradicteurs la ressource de la couche parélectronomique. Voici le principe et le procédé opératoire de cette méthode.

Admettons un moment l'existence de la couche parélectronomique : si le courant musculaire préexiste dans le muscle et est simplement masqué par cette couche, il faut que, par l'abrasion de cette dernière, il apparaisse instantanément dans toute son intégrité. C'est le cas de toutes les forces que gêne un obstacle : l'obstacle enlevé, la force se manifeste du premier coup avec toute son intensité. On dira peut-être que le courant musculaire pourrait être voilé de nouveau par la variation électrique qui accompagne l'opération elle-même : nous verrons comment M. Hermann fait justice de cette objection. Continuons notre exposé. Un gastrocnémien de grenouille offrant toutes les garanties d'intégrité musculaire et présentant, par la nullité presque absolue de son courant, tous les caractères de l'existence d'une couche parélectronomique, est fixé à un support avec le tendon d'Achille en proéminence. Un poids assez lourd tombe d'une hauteur déterminée et dans sa chute produit deux effets : il vient d'abord frotter contre le tendon d'Achille et le dénuder grâce à une peau de chagrin dont est recouverte une de ses parois : il détermine ensuite la fermeture et l'ouverture successives d'un circuit électrique qui met en communication les deux tendons du gastrocnémien avec un galvanomètre d'une grande sensibilité. Cet appareil est appelé par M. Hermann *Rhéotome à chute* (Fall-Rheotom). La loi de la chute des corps et des expériences de contrôle servent à calculer le temps écoulé entre la lésion du tendon et la fermeture du circuit, ainsi que le temps pendant lequel le circuit reste fermé.

Supposons que l'abrasion du muscle ait fait dévier le galvanomètre de

(1) Untersuchungen über die Entwicklung des Muskelstroms. *Pflüger's Archiv*. Bd. XV, s. 191.

3,5 degrés : dans la théorie de M. du Bois-Reymond, ce chiffre nous représenterait l'intensité du courant propre du muscle, car le poids a été disposé de façon à enlever exactement l'épaisseur de la prétendue couche parélectronomique. Ce courant propre aurait dès maintenant toute son intensité; car, comme nous l'avons déjà dit, il n'est point produit par l'opération, il lui préexistait et la destruction de la couche parélectronomique n'a eu d'autre effet que de le faire apparaître. Il n'y a donc aucune raison pour qu'il se montre plus fort quelques secondes après la première observation. Constatons donc une deuxième fois la force du courant : c'est ce que M. Hermann appelle l'observation B, la première étant l'observation A ; contrairement aux prévisions de la théorie de la préexistence, le second résultat est toujours plus fort que le premier : de 3,5 degrés, par exemple, le courant montera à 5. M. Hermann a fait plus de 300 de ces doubles observations, chaque fois la seconde lecture du galvanomètre lui a donné un nombre supérieur. Il n'y a donc aucune raison d'admettre, dans le muscle, un courant préexistant à l'abrasion de la couche parélectronomique. C'est bien plutôt cette lésion qui développe un courant croissant jusqu'à une limite déterminée par la grandeur de la lésion elle-même.

Reste à écarter l'objection signalée plus haut : elle se fondait sur l'existence d'une variation causée par l'excitation *mécanique* du frottement, variation qui serait la cause de la divergence existant entre les observations A et B. M. Hermann est si loin de contester l'existence de cette variation, que, d'après ses affirmations, il s'est même produit, pendant ses expériences, des contractions musculaires dues sans aucun doute à l'excitation mécanique. Mais autre chose est de dire que cette variation ait pu influencer les résultats. Les variations électriques produites par l'excitation mécanique sont complètement temporaires et se distinguent par là des courants plus ou moins permanents dus aux lésions. Elles sont soumises aux lois suivantes : en supposant un muscle excité en un de ses points, si l'on a eu soin de compenser tout courant existant préalablement, on constatera que ce point deviendra négatif par rapport à tous les autres : mais un instant après, il cède cette propriété aux points voisins et ainsi de suite, de sorte qu'à partir de la région excitée jusqu'aux extrémités du muscle, chaque point devient à son tour négatif par rapport à tous les autres. Le maximum de négativité chemine donc, si je puis ainsi parler, le long du muscle avec une certaine vitesse qui n'est pas très grande puisqu'elle ne surpasse point 3 mètres à la seconde. Si l'on compare deux points entre eux, on trouve que l'un des deux ne reste négatif par rapport à l'autre qu'un 1/400 de seconde. D'où il résulte que si l'on veut assimiler le mouvement de la *négativité* à celui d'une onde, on trouvera que la longueur d'onde sera de 3/400 de mètre. Ces préliminaires posés, on va comprendre pourquoi on peut négliger cette

variation négative dans le cas actuel. Les électrodes du galvanomètre sont ici en rapport l'un avec le tendon d'Achille, c'est-à-dire le tendon dénudé, l'autre avec le tendon du genou. L'onde de négativité ne pourra donc avoir quelque influence sur le galvanomètre que lorsqu'elle sera actuellement en l'un ou l'autre de ces points. Au tendon d'Achille, elle se produit instantanément après la lésion; mais comme elle est alors de même sens que le prétendu courant propre, elle ne peut le diminuer et par conséquent faire que l'observation A soit plus faible que l'observation B; quant au second tendon, des calculs fondés sur la vitesse de translation et la longueur d'onde de la négativité d'une part, de l'autre sur les époques de fermeture et d'ouverture du circuit, ont prouvé à M. Hermann que, durant le temps où le circuit était fermé, le galvanomètre ne pouvait recevoir qu'une déviation très minime par le fait de la variation négative. Plusieurs expériences même ont été faites dans des conditions de rapidité telle, que le circuit était déjà ouvert avant l'arrivée de l'onde au second tendon : or les observations A et B, au lieu de donner dans ce cas des résultats égaux, fournissaient, pour A, un résultat nul ou presque nul, en regard d'une valeur relativement considérable pour B. A ces calculs, M. Hermann a ajouté le contrôle d'une expérience comparative. Il a commencé par développer le prétendu courant propre à l'aide du procédé même de M. du Bois-Reymond, c'est-à-dire, en soumettant le gastrocnémien à l'action irritante de l'humeur sécrétée par la peau de la grenouille. Le muscle est ensuite placé sur le rhéotome à chute dans les conditions exposées précédemment. Si la variation négative a eu quelque influence dans les autres cas, elle l'aura encore dans celui-ci, et l'observation A sera plus faible que l'observation B. Nullement : les deux observations donnent ici le même résultat et, dans chacune d'elles, le courant a la valeur qu'il avait déjà acquise à la suite de la seule excitation chimique.

Nous sommes loin de croire que le dernier mot sur les courants musculaires soit dit, mais les récents travaux de M. Hermann, pris dans leur totalité, nous semblent avoir porté un coup fatal aux courants propres. Pour les faire revivre, il faudra de nouvelles preuves plus concluantes que celles qui ont cours actuellement : on peut estimer à une haute valeur les recherches de M. du Bois-Reymond sur les phénomènes électriques des muscles et des nerfs, on peut avouer que ses travaux servent encore de base à nos connaissances sur ce sujet, et affirmer cependant en même temps que, dans une de ses principales assertions, il a attribué à la constitution du muscle un effet dû tout simplement aux conditions accidentelles qui affectaient l'organe.

Sens de l'espace. — L'oreille interne est renfermée dans une caisse solide, appelée *labyrinthe osseux*, à cause de l'espèce de dédale formé

par les canaux multiples qui le sillonnent en tous sens. A l'intérieur du labyrinthe osseux est suspendue une caisse membraneuse de même forme et nommée pour cette raison *labyrinthe membraneux*. L'intervalle entre les deux labyrinthes est rempli par un liquide qui a reçu le nom de *périlymphe : l'endolymphe* est un autre liquide contenu dans le labyrinthe membraneux.

Le labyrinthe membraneux se compose du *vestibule*, espèce d'antichambre qui donne entrée, d'un côté, dans le *limaçon* dont le nom est suffisamment significatif, de l'autre dans les trois *canaux semi-circulaires*. A prendre les choses sans trop de rigueur, on peut dire que ces derniers sont situés dans trois plans perpendiculaires entre eux : deux des canaux sont verticaux et dirigés le premier d'arrière en avant, l'autre de dedans en dehors ; le troisième est *horizontal* et porte sa convexité vers l'extérieur. La position respective des deux canaux verticaux leur a fait donner, au premier, le nom de *supérieur*, au second, celui de *postérieur*. Chacun de ces trois organes porte, au point où il communique avec le vestibule, un renflement appelé *ampoule*. L'ampoule est en avant pour le canal supérieur et l'horizontal, en arrière pour le postérieur. Le labyrinthe membraneux étant exactement moulé sur le labyrinthe osseux, il est presque oiseux de faire remarquer que les trois canaux semi-circulaires membraneux sont renfermés dans trois canaux osseux de même forme et de même position respective.

A son entrée dans l'oreille interne, le nerf de la huitième paire, ou *nerf acoustique*, se divise en deux branches qui vont innerver l'une le limaçon, l'autre le vestibule et les canaux semi-circulaires ; toutefois, pour ceux-ci, c'est l'ampoule seule qui participe à la distribution nerveuse, à l'exclusion du reste du canal. Si nous suivons le nerf qui se rend à l'une des ampoules, nous le verrons pénétrer dans la paroi de cet organe, et s'y épanouir en se divisant en filets, qui vont se perdre dans certaines cellules situées à la surface interne de la membrane ampullaire. Ces cellules sont douées de cils, qui nagent dans l'endolymphe. Il en est donc du nerf de l'ouïe comme du nerf optique et des nerfs du tact ; les extrémités des filets nerveux reçoivent l'impression des agents extérieurs par l'intermédiaire de certains corpuscules destinés, selon toute apparence, à approprier l'excitation à la nature du nerf qui doit la percevoir.

La disposition rectangulaire des trois canaux semi-circulaires rappelle d'une manière frappante les trois plans dont se servent les géomètres pour déterminer la position des figures dans l'espace. Est-ce pur hasard ou bien la nature a-t-elle eu quelque but dans l'arrangement géométrique de ces organes? Les physiologistes ne sont pas naturellement disposés à rejeter sur le hasard l'agencement des différentes parties de l'animal ou de la plante. Pour eux tout organe suppose une fonction

et tout groupement spécial a sa raison d'être. Il n'est donc point étonnant qu'ils aient voulu trouver un rapport entre les canaux semi-circulaires et les trois dimensions de l'espace. Le fait que ces canaux se trouvaient dans l'appareil de l'audition évoquait l'idée que c'était grâce à eux que nous parvenions à déterminer la direction des sons. Autenrieth et Kerner soutinrent cette hypothèse rejetée aujourd'hui communément par les physiologistes. Il est trop évident, en effet, comme Müller déjà le faisait remarquer, que nous ne percevons point directement d'où vient le son : nous le rapportons dans la direction suivant laquelle il frappe notre tympan avec une plus grande intensité, et s'il s'agit de l'audition par les deux oreilles, l'habitude nous fait juger de la direction par la différence d'intensité qui distingue les deux perceptions : aussi est-il bien constaté que tout bruit qui se produit dans le plan de symétrie des deux organes ne peut être localisé d'une manière nette et il nous est impossible, dans ce cas, de savoir s'il faut le rapporter en avant, en arrière, au-dessus ou au-dessous de notre tête.

Les expériences de Flourens sur les canaux semi-circulaires ont fait assigner à ces derniers un tout autre rôle par rapport à l'espace. En 1824, Flourens songea à sectionner les canaux et constata une tendance de la tête à tourner autour d'un axe perpendiculaire au canal sectionné. Böttcher a voulu contester la valeur de cette expérience en attribuant les effets obtenus à la lésion involontaire des parties avoisinantes, mais depuis, M. Vulpian et plusieurs autres expérimentateurs ont reproduit le phénomène d'une façon inattaquable et avec les mêmes résultats que Flourens. De cette expérience résulte clairement, pour les canaux semi-circulaires, la fonction de régir les mouvements exécutés par l'animal pour maintenir l'attitude normale de sa tête relativement aux objets extérieurs. Mais de quelle nature est cette fonction et comment s'exerce-t-elle ? D'après M. Goltz, l'action des canaux s'expliquerait par une simple loi d'hydrostatique. L'endolymphe, qui remplit les canaux, presserait davantage sur le point de l'ampoule, qui est le plus bas d'après les différentes positions de la tête. Cette pression exciterait les filets nerveux correspondant à ce point et par là nous renseignerait sur les rapports variables de notre tête avec la direction de la pesanteur. Comme le tact et la vue nous donnent de leur côté des renseignements analogues, il se fait une association entre les notions reçues par ces différentes voies. Quand nous sommes debout par exemple, c'est un certain point des ampoules qui est excité et dès lors il y a association entre cette excitation et la station verticale : quand nous sommes couchés, un autre point est excité, et cette nouvelle sensation nous l'associons avec la position horizontale ; tant que les canaux n'auront point une position anormale par rapport au corps, tout ira bien et les associations faites seront d'accord avec la réalité ; mais prenez un pigeon par exemple,

c'est l'expérience de M. Goltz, repliez-lui le cou de façon à ce que l'occiput touche la poitrine et que le bec regarde le ciel : l'animal, recevant par ses différents sens des renseignements contradictoires sur la direction de la gravité, saura à peine marcher et certainement sera incapable de voler.

D'autres physiologistes ont cru qu'il ne fallait point séparer les expériences de Flourens des observations sur le vertige. Que l'on fasse plusieurs révolutions autour de soi-même avec une certaine rapidité et qu'on s'arrête brusquement ; chacun sait les sensations qu'on éprouve alors : il y a une tendance à tourner en sens contraire, accompagnée d'un trouble visuel par lequel nous croyons voir les objets tourner aussi en sens contraire de notre rotation primitive. Si la tête occupe une position anormale par rapport au corps, il y a quelque modification à apporter à la proposition précedente. Mettez-vous à tourner autour d'un bâton sur lequel vous appuyez le front ; arrêtez-vous ensuite et relevez la tête : l'axe autour duquel les objets sembleront tourner ne sera plus vertical comme dans le premier cas, mais horizontal. Des expériences multiples du même genre ont conduit à formuler la loi suivante : les objets semblent tourner autour de la ligne de la tête qui a servi d'axe à la rotation primitive ; si donc dans le passage de la rotation au repos, la tête change de position, elle emporte l'axe avec elle et c'est autour de la nouvelle direction de l'axe que se fait la rotation apparente des objets. On a expliqué ce phénomène par l'inertie des parties molles du cerveau qui, pendant la rotation, seraient en retard sur les parties solides, et, après la rotation, persisteraient encore à se mouvoir quand le crâne serait au repos. Mais, d'après MM. Mach, Breuer et Brown, les parties molles de l'oreille interne joueraient le rôle attribué aux parties molles du cerveau. M. Breuer croyait à l'existence, après la rotation, d'un flux de l'endolymphe à travers les canaux ; ce courant serait dû à la persistance du mouvement dans le liquide et aurait une vitesse d'autant plus grande que le plan du canal ferait un angle moindre avec le plan de rotation. M. Mach rejetait ces courants qu'il jugeait impossibles vu le peu de calibre des canaux ; mais il admettait que, par compensation, le liquide exerçait une pression plus forte qu'auparavant dans le sens de la rotation. M. Brown faisait participer à la poussée les canaux membraneux eux-mêmes, mais il n'en est rien : car ces derniers ne flottent point librement dans le périlymphe, mais sont rattachés par des filaments aux canaux osseux dont ils doivent suivre tous les mouvements. Il introduisit cependant une autre modification plus acceptable : ce fut l'intervention simultanée des canaux des deux côtés de la tête dont les indications devaient se compléter mutuellement. M. Mach a repris cette idée, et tandis qu'antérieurement il supposait les filets nerveux sensibles aussi bien à la diminution qu'à l'accroissement de pression, il admet

aujourd'hui une seule cause d'excitation, l'accroissement de pression, et exige le concours des deux côtés de la tête pour nous instruire de notre position dans le monde extérieur.

A ces théories, M. Cyon (1) vient d'en opposer une autre dans un livre intitulé : *Recherches expérimentales sur les fonctions des canaux semi-circulaires et sur leur rôle dans la formation de la notion de l'espace.* Il a répété les expériences de Flourens dans des conditions d'expérimentation irréprochables. D'après lui la pression, invoquée implicitement ou explicitement par MM. Mach, Breuer et Brown, n'intervient pour rien dans la fonction des canaux semi-circulaires. Il a soumis les filets nerveux à des accroissements de pression par des injections de matières fondues qui en se durcissant se dilataient ; il a employé dans le même but d'autres procédés, sans pouvoir rien observer qui dénotât chez les animaux un manque d'harmonie entre leurs mouvements et leur position dans l'espace. Il semble cependant que cette preuve laisse à désirer : autre chose en effet est la pression graduelle et modérée exercée par le liquide normal de l'oreille par suite de son inertie, autre chose est une pression étrangère exercée dans des conditions anormales et présentant, par comparaison avec la première, un certain caractère de violence et de brutalité. C'est compter sans la délicatesse des éléments nerveux dont on ne peut impunément modifier les conditions d'action. Mais il y a quelque chose de plus concluant. M. Cyon sectionne le nerf acoustique et interrompt ainsi toute communication des canaux avec le cerveau : or il assure que les lapins, soumis à ce traitement, présentent après la rotation les phénomènes observés par M. Mach sur des lapins normaux ; la pression ne pourrait donc plus être regardée comme la cause du vertige ; car elle devrait provoquer la perturbation de l'organe visuel et des muscles de la tête sans l'intermédiaire du cerveau, contrairement aux lois des actions, soit réflexes soit conscientes, provoquées par une impression sensitive : on sait en effet que de telles actions doivent passer par les centres nerveux avant de se manifester dans les organes moteurs.

Voici maintenant l'interprétation des phénomènes de rotation dans l'hypothèse imaginée par M. Cyon. Les excitants des nerfs ampullaires seraient probablement les otolithes, mis en vibration par les mouvements de la tête ou peut-être aussi par les ondes aériennes ; la fonction de ces nerfs serait de régir la distribution de la force d'innervation aux différents muscles ; quand les canaux seraient lésés, cette distribution se ferait d'une manière irrégulière et de là proviendrait la perturbation de mouvements observée dans le vertige. C'est là le côté purement phy-

(1) Cyon's Researches on the ear. Alex. Crum Brown. *Nature.* 10 and 17 oct. 1878. — *Compt. rend.* 31 déc. 1877. T. LXXXV, p. 1284.

siologique et le moins important de la nouvelle théorie ; le côté psychologique a, aux yeux de l'auteur, une valeur bien plus considérable. Nous avons dit que la huitième paire, en entrant dans l'oreille interne, se partageait en deux branches : d'après M. Cyon, la branche qui se rend au limaçon serait proprement le nerf acoustique ; l'autre branche qui innerve les ampoules des canaux n'aurait rien à démêler avec le son : elle appartiendrait au *sens de l'espace*. L'interprétation qu'il donne de cette expression est la suivante : « Les sensations provoquées par l'excitation des terminaisons nerveuses dans les ampoules de ces canaux servent à former nos notions sur les trois dimensions de l'espace : les sensations de chaque canal correspondent à une de ces dimensions : à l'aide de ces sensations, il se forme dans notre cerveau la représentation d'un espace idéal sur lequel sont rapportées toutes les perceptions de nos autres sens qui concernent la disposition des objets qui nous entourent et la position de notre corps parmi ces objets (1). »

Nous sommes rejetés par là bien loin des vues ordinaires sur la formation de l'idée de l'espace. Jusqu'à présent on avait chargé les sensations visuelles et tactiles de nous fournir les éléments de nos notions sur l'espace, et il semble qu'elles étaient en mesure de s'acquitter de cette fonction : car, si les représentations visuelles isolées ne nous donnent d'elles-mêmes que les deux dimensions des surfaces, ces mêmes représentations combinées entre elles et avec celles du tact ne peuvent manquer de faire surgir en nous la notion des trois dimensions. Ensuite, si du fait seul que trois organes sont dans trois plans perpendiculaires, M. Cyon tire la probabilité qu'ils peuvent nous renseigner sur l'espace, on ne voit point pourquoi nous ne pourrions appliquer le même raisonnement aux organes du tact : qui nous empêche en effet de placer trois de nos doigts perpendiculairement chacun aux deux autres et d'avoir ainsi de quoi former notre représentation de l'espace ? Ce moyen aurait au moins l'avantage de reposer sur des sensations dont nous avons conscience, tandis que la réflexion sur nous-mêmes, aidée de l'attention la plus soutenue, nous laissera toujours parfaitement inconscients de sensations ayant pour siège les ampoules des canaux semi-circulaires ? Quelle espèce même de sensations pouvons-nous éprouver là ? M. Cyon ne le dit point, et la raison de son silence est évidente, c'est que, pas plus que nous, il ne les a jamais perçues. Où est alors la légitimité d'établir la seule notion de l'espace sur des sensations inconscientes, lorsque toutes nos autres notions, celles de la résistance, du mouvement, de la couleur, et le reste, reposent sur des représentations dont nous avons une idée bien nette ?

D'ailleurs on nous parle de rapporter sur cet espace toutes les percep-

(1) *Compt. rend.* loc. cit.

tions de nos autres sens ; mais comment savoir que l'objet que nous voyons doit être rapporté sur l'espace idéal en avant, en arrière, à droite, à gauche de cet autre, si les sens de la vue et du tact qui nous font percevoir cet objet ne nous renseignent point déjà eux-mêmes sur sa position. M. Cyon a cédé sur ce point, sans s'en apercevoir, à l'opinion commune. D'après lui, les troubles qui se manifestent après les lésions des canaux semi-circulaires sont dus, entre autres causes, à un vertige visuel produit par le « désaccord entre l'espace vu et l'espace idéal (1). » S'il y a désaccord, c'est apparemment que les yeux, aussi bien que les canaux semi-circulaires, sont capables de nous renseigner sur l'espace : un espace *vu* est bien un espace dont les yeux nous ont donné la représentation. Nous doutons fort que jamais physiologistes ou psychologues acceptent pour base de nos connaissances sur les corps — car la notion de l'espace a bien ce caractère fondamental — une représentation dérivant de sensations mystérieuses, inventées uniquement pour expliquer une disposition anatomique, très curieuse sans contredit, mais aussi très ignorée du commun des mortels auxquels cependant on ne peut refuser la perception distincte de ce qu'est un corps solide.

G. H.

HYGIÈNE

Hygiène des nourrissons pendant les premiers mois. — Nous ne voulons pas entreprendre de traiter ici cette grande question dans tous ses détails. Nous ne la considérerons même qu'à un seul point de vue en exposant les idées du Dr Kobryner (2). Quand une mère consulte un médecin sur le régime qu'il convient de faire suivre à son enfant, on lui recommande le plus souvent et d'une façon toute spéciale de bien régler les heures des repas. Il semble que ce soit là la base de l'hygiène du nouveau-né. « Donnez le sein toutes les heures et demie, toutes les deux heures, toutes les trois heures, » car on choisit ordinairement l'une ou l'autre de ces limites. Malgré la presque invariabilité de cette réponse, le Dr Kobryner se demande s'il est bon d'adopter à cet égard une règle

(1) *Compt. rend.* loc. cit.
(2) Voy. *Bulletin de thérapeutique médicale et chirurgicale*, 15 janvier 1879.

fixe, si ce n'est pas un tort, au contraire, d'assimiler l'estomac d'un tout jeune enfant à celui d'un adulte. L'enfant vit d'une vie toute animale, d'une vie végétative. Les contrariétés, les mille soucis des affaires ou même de la vie ordinaire ne viennent point troubler ses digestions comme ils peuvent contrarier celles de ses parents. Les dyspepsies qui nous menacent, pour ne parler que d'un seul trouble, si nous n'espaçons pas suffisamment nos repas, sont loin d'être autant à craindre pour lui. Et si nous étudions l'instinct des animaux, qu'il ne faut point dédaigner quand il s'agit de la vie végétative, nous ne le voyons point soumis à la régularité mathématique que nous voulons adopter pour nos enfants. Les repas séparés par des intervalles égaux auraient une raison d'être s'ils s'équivalaient eux-mêmes. Mais tandis que l'enfant se contente parfois d'une tétée de dix minutes, il exigera, la fois suivante, une tétée d'une demi-heure et plus. Cela étant, peut-on rationnellement, après un repas de dix minutes le faire attendre deux et trois heures comme après un long repas. S'il crie et s'agite, on en accusera un état de souffrance, des coliques. En attendant le repas suivant, il se trouvera relativement faible en même temps qu'affamé et il ne se trouvera satisfait qu'après l'ingestion d'un repas copieux. Mais son estomac pourra-t-il suffire à la tâche et un pareil régime ne va-t-il pas être l'occasion d'une dyspepsie, d'une gastro-entérite, semblables à celles que donnent des repas trop rapprochés ?

On le voit, on peut arriver au même écueil en suivant deux voies opposées, celle des repas à longs intervalles et celle des repas trop fréquents. Pour l'éviter, nous n'avons qu'un guide, l'appétit réel de l'enfant révélé par ses cris. Mais gardons-nous de nous y laisser prendre. L'enfant peut crier parce qu'il souffre, et si l'expression de son visage et ses contorsions ne suffisent pas pour nous l'indiquer, on peut lui présenter le bout du doigt ou même le mamelon, et s'il ne veut pas le lâcher, c'est qu'il a réellement faim; s'il souffre, il détournera la tête et on aura la certitude de pouvoir le faire attendre. Ce serait donc une erreur de croire que le Dr Kobryner demande de toujours considérer les cris de l'enfant comme l'expression d'un véritable sentiment de faim. Il ne veut que s'opposer à une règle qu'il ne croit pas être celle de la nature. Il se plaît à considérer l'estomac presque comme un réservoir qui, à l'inverse de certains autres, au lieu d'annoncer l'heure de l'évacuation annoncerait celle du besoin de réplétion. Et dans l'espèce ce serait le suc gastrique, gorgeant les glandules de l'estomac ou peut-être venant déjà se déverser à la surface de la muqueuse qui avertirait de cette nécessité. Dans ce dernier cas, son séjour trop prolongé dans l'estomac ou même son passage anticipé dans l'intestin ne serait pas sans influence sur la production des troubles gastro-intestinaux que l'on met d'ordinaire sur le compte des repas trop rapprochés.

Nous n'ignorons pas que ces vues vont à l'encontre de certaines données reçues en physiologie ; mais il faut bien dire qu'elle est encore bien obscure la physiologie de l'estomac, que l'on ignore encore le moment précis du passage des aliments (1) dans l'intestin et que, par conséquent, on doit se garder de se baser, comme sur un appui solide, sur le séjour des aliments dans l'estomac pour en déduire la réglementation des repas.

Abstraction faite de la dernière hypothèse, à savoir l'influence du suc gastrique sur l'estomac et même l'intestin avant le repas, hypothèse qui ne nous semble pas encore assez établie, nous croyons que l'on doit tenir compte des idées émises par le Dr Kobryner, et que des repas moins copieux et plus rapprochés sont préférables chez l'enfant à des repas abondants et trop distancés. Nous ajouterons toutefois qu'il faut se garder d'une exagération dans ce sens, et qu'il faut avoir égard au besoin exprimé par l'enfant (2).

De la conservation des viandes par le borax (3). — M. Cyon a cru devoir conclure de ses recherches à l'innocuité du borax et l'a recommandé pour la conservation des viandes. Il a eu recours au procédé de Jourdes qui consiste à saupoudrer la viande à raison de un à deux grammes de borax par kilogramme. Mais M. Le Bon est venu contredire ces assertions disant que, même à petites doses, le borax est toxique; qu'après avoir été essayé en Amérique par diverses compagnies il a dû être abandonné. Il provoquerait des troubles gastro-intestinaux que M. Le Bon n'énumère pas, et l'on a d'ailleurs déjà constaté son action toxique sur les végétaux. Sans avoir la prétention de juger la question nous nous demandons si dans les faits signalés par M. Le Bon on avait eu recours à un borax chimiquement pur. Celui du commerce renfermant de l'alun, des sels de plomb... pourrait être naturellement accusé de ces méfaits. L'emploi du borax en médecine et les expériences si nombreuses où, même à forte dose, il n'a occasionné aucun accident permettent de croire que, dégagé de toute impureté, il est inoffensif. On peut en dire autant de l'acide borique.

Les expériences qui suivent sont contraires en tout cas aux allégations de M. Le Bon et sont bien faites pour les réfuter.

Deux chiens, l'un de 17, l'autre de 18 kilogrammes, prennent pendant quatorze jours de la viande renfermant environ 4 grammes de borax par

(1) Je parle surtout des aliments liquides.

(2) Nous n'avons point parlé des repas de la nuit. Ils doivent être le moins nombreux possible. Nourri d'après le système du Dr Kobryner, on remarque que l'enfant a de bonnes nuits.

(3) *Revue d'Hygiène*, janvier 1879 et *Bulletin de thérapeutique*, janvier 1879.

dose quotidienne. Au bout de quatorze jours le premier pèse 19 et le second 23,7 kilogrammes.

Dans ces conditions, en augmentant la quantité de borax de douze grammes par jour, les chiens ont gagné de deux à trois kilogrammes en dix jours. L'un d'eux a vu son appétit s'accroître même dans de très fortes proportions. Au lieu de 350 à 500 grammes de viande fraîche, il en est arrivé à en avaler et assimiler, l'analyse des urines l'a démontré, 1250 grammes par jour.

L'air marin convient-il aux tuberculeux ? (1). — De tout temps on a cru à l'action bienfaisante de l'air de la mer dans la tuberculose ; et si, dans les temps anciens, l'Égypte avait le privilège d'attirer les malades, c'était bien plus, Pline nous l'apprend, à cause de la longue traversée qu'il fallait faire pour y atteindre que pour le pays lui-même. L'air de la mer contient plus d'oxygène, moins d'azote et d'acide carbonique que l'air du continent ; de plus, à quelque distance des côtes sa température est assez constante. Il est dense et il fait bénéficier dans une certaine mesure des avantages de l'air comprimé. Cependant de nos jours il a trouvé des détracteurs et M. le Dr Huchard ne lui reconnaît d'autres vertus que celle d'accélérer la marche de la tuberculose. Il est vrai que pour nous les sujets qu'il a observés n'étaient pas dans les conditions requises pour recueillir les bienfaits d'un voyage en mer. En effet, il avait affaire à des marins, exposés comme ils le sont tous, à la pluie, aux vents et à des fatigues d'autant plus grandes que le temps était moins favorable. Et, après une journée de labeurs dans d'aussi tristes conditions, ces hommes passaient la nuit dans une atmosphère confinée, respirant un air vicié. Et que dire de leur alimentation grossière et indigeste quand elle n'était pas malsaine? Après cela rien d'étonnant que la tuberculose fît de rapides progrès puisque le régime des malades semblait destiné à lui ouvrir les voies.

Celui qui recherche l'action bienfaisante de l'air marin se place dans de tout autres conditions. Il dispose d'une nourriture saine, abondante et appropriée. Il se rend où il veut et quand il veut, sur des bâtiments bien aménagés et suffisamment spacieux. Il évite la pluie et les vents et, par un temps calme et sec, il profite largement de l'air tonique de la mer. Les moindres exercices auxquels il se livre exigent une plus grande dépense musculaire que sur terre, car il s'agit de conserver un équilibre menacé sans cesse par le tangage et le roulis du navire. Ce jeu musculaire accru provoque vers les muscles et la peau une révulsion salutaire, dilate la cavité thoracique et force à entrer en jeu les lobes su-

(1) Voyez *Bulletin de thérapeutique*, leçons de M. Peter, 30 janvier 1879.

périeurs des poumons les premiers envahis par la tuberculose grâce à leur inertie.

Si l'air de la mer ne compte pas parmi ses partisans MM. Huchard et Leroy de Méricourt, du moins MM. Peter et Fonssagrives en vantent les précieux effets (1).

De l'alimentation des tuberculeux (2). — Quand on a affaire à un tuberculeux il semble qu'au point de vue du régime les conseils qu'on doit lui donner puissent se résumer en deux mots : prendre de fortes nourritures, souvent et abondamment. Il importe cependant de ne point prendre ces mots à la lettre et de faire quelques distinctions. Certes, il faut que l'alimentation soit la meilleure et la plus nourrissante, sous le plus petit volume pour que l'appareil digestif, après lui avoir fait bon accueil, en reporte le bénéfice sur tout l'organisme. Mais on ne doit pas oublier que cet appareil demande à être soigneusement ménagé. N'est-ce point peut-être son fonctionnement insuffisant qui a provoqué ou du moins accéléré l'éclosion de la tuberculose ? L'estomac des tuberculeux n'est-il pas d'ailleurs des plus susceptibles, toujours prêt à s'indisposer à la moindre surchage qu'on voudrait lui imposer ? Il ne faut donc point prescrire une règle générale, mais bien interroger l'estomac de chaque tuberculeux. Et à cet égard on rencontre de grandes différences suivant les climats, ou peut-être les races. Nos voisins du nord supportent bien mieux que ceux du midi une alimentation abondante et souvent répétée. Elle serait même fréquemment pour ces derniers l'occasion d'embarras gastriques fébriles. On prendra donc soin de varier la nourriture en la proportionnant à la capacité digestive de chaque estomac. Ainsi on donnera toute espèce de viande saine, cuite au goût du malade, en réservant la viande crue si elle lui répugne au seul cas de diarrhée ; car elle est alors à la fois un médicament et un aliment. Le lait conviendra sous toutes les formes ; mais on choisira de préférence celui que l'on vient de recueillir aux deux traites du matin et du soir. C'est un aliment précieux, mais pour lequel malheureusement beaucoup d'estomacs montrent de la répugnance. On pourra du reste choisir et varier entre le lait liquide, la crème, le beurre, le fromage.

Les œufs sont, comme le lait, un aliment complet et que l'on pourra aussi mettre largement à profit. Ceux qui aiment le poisson en feront avantageusement usage et on leur recommandera surtout les poissons plats, de préférence au saumon, à la carpe et à l'anguille, de digestion

(1) Ce que nous venons de dire ne concerne que les tuberculeux qui n'ont pas encore la fièvre, qui ne sont pas encore rigoureusement phtisiques.

(2) D'après le professeur Peter. Voyez *Bulletin de thérapeutique*, 30 janvier 1879.

plus difficile. Enfin la sapidité des huîtres, le peu d'iode qu'elles peuvent faire accepter avec l'eau de mer qu'elles renferment dans leurs écailles, leur digestion facile sont autant de titres qui ne les laisseront point oublier. Quant au pain et aux féculents en général, on n'en fera pas grande consommation, car ils stimulent très peu les fonctions. Et les alcooliques ? On a beaucoup abusé depuis quelque temps, pour les tuberculeux, de la médication par l'alcool. M. Peter la condamne quand elle en arrive au point de constituer l'alcoolisme par la thérapeutique. Il n'est pas rationnel en effet de prescrire médicalement un usage condamné par l'hygiène et, dans une affection où l'estomac montre tant de susceptibilités, de soumettre cet organe à l'ingestion de liquides dont, même à l'état de santé, il ne peut parfois tolérer le contact. Les femmes et les enfants nous en donnent de fréquents exemples.

L'alimentation variée que nous venons de préconiser trouvera dans un exercice rationnel un précieux auxiliaire pour restaurer le tuberculeux. L'équitation le placera dans un air relativement condensé, la rapidité avec laquelle on le traverse augmentant sa résistance. Par là sera favorisée l'amplification des vésicules pulmonaires que viendront provoquer encore de profondes inspirations consécutives aux efforts exigés par l'équilibre. Tous les muscles entrent en jeu dans l'équitation, et sans revenir sur les effets de cette activité, nous pouvons considérer cet exercice comme l'un des plus salutaires. Ceux qui ne pourraient en profiter devraient s'adonner à l'exercice de la rame. Manié avec mesure, avec prudence il s'adresse, au grand avantage de l'organisme et des poumons en particulier, à tout le système musculaire et y provoque une congestion au détriment des organes du centre.

Citons encore la gymnastique, la gymnastique de chambre, et nous aurons indiqué les principaux moyens auxquels le tuberculeux pourra recourir pour mettre en jeu son activité musculaire.

Hygiène de la lecture (1). — La fonction visuelle peut s'exercer des journées entières sans danger pour son acuité, mais c'est à la condition qu'elle soit bien dirigée. Tandis que nous pouvons impunément regarder au loin durant de longues heures, il en est que la vue à courte distance fatigue vite ou même empêche de distinguer nettement. C'est en effet la vue des objets rapprochés qui nous est la plus pénible et, parmi les diverses occupations qui nous forcent à voir de près en causant le plus de fatigue, on peut citer en première ligne la lecture. C'est elle qui occasionne le plus grand nombre de myopies, les statistiques le prouvent. Pourquoi ce triste privilège alors que des professions qui

(1) Par M. le Dr Javal. V. *Annales d'hygiène publique.*

s'adressent à de tous petits objets, l'imprimerie, l'horlogerie... fournissent un moindre contingent?

Voici les raisons qu'en donne M. le Dr Javal. Celui qui lit met en jeu son accommodation d'une façon permanente ; la couturière ne regarde attentivement qu'au moment où elle pique dans l'étoffe, le typographe au moment où il prend le caractère qu'il doit aligner. En second lieu, des lignes noires couchées sur un fond blanc forment un contraste offensant pour l'œil. Il n'y en a pas de plus frappant que celui-là. Une troisième raison est l'immobilité dans laquelle nous restons souvent pendant notre lecture devant un livre lui-même immobile, de telle façon que, parcourant des lignes horizontales les unes après les autres, ce sont toujours les mêmes points de la rétine qui sont impressionnés. Enfin la variabilité continuelle de l'accommodation sur le parcours d'une même ligne. Il serait en effet facile de démontrer que la distance de l'œil au point de fixation varie à chaque instant.

Après avoir énuméré ces diverses causes de fatigue pour les yeux, M. Javal donne les moyens d'y remédier. A cette accommodation permanente du lecteur, il oppose mille petites interruptions de courte durée. Pour éviter le contraste de deux couleurs si opposées, il propose de remplacer le papier blanc par du papier jaunâtre, mais d'un jaune résultant de l'absence de rayons bleus et violets, comme l'est le papier de bois. Il conseille ensuite de se servir de préférence de petits volumes faciles à manier, et d'ouvrages à justification étroite.

Ces deux derniers conseils, on le voit, pourront être mis en œuvre en recourant au même moyen, l'emploi de livres de petit format.

Dr A. Dumont.

THÉRAPEUTIQUE

—

Traitement de la diphtérie. — La diphtérie ou diphtérite est une des maladies les plus cruelles et les plus graves. Chaque année elle fait un grand nombre de victimes, soit qu'elle règne épidémiquement, soit qu'elle se propage par contact immédiat, soit enfin qu'elle atteigne sporadiquement et sans causes bien connues des personnes isolées de tout foyer d'infection.

Cette affection, on le sait, consiste essentiellement en un processus

morbide, d'une nature toute spéciale, se caractérisant par l'inflammation de certains tissus, avec production de fausses membranes qui ont une grande tendance à se reproduire et à se propager. La nature de cette maladie n'est pas encore bien déterminée. Pour les uns, c'est une affection primitivement générale, c'est-à-dire qu'elle débute par un empoisonnement du sang, qui se traduit par des manifestations locales. Pour d'autres, au contraire, il n'y a pas, au début, d'altération du sang ; les lésions locales constituent toute la maladie ; mais de ces lésions peut résulter, par une espèce d'auto-infection, une maladie générale qui aggrave singulièrement le pronostic.

En tout état de cause, la formation de fausses membranes est le symptôme dominant de cette terrible affection ; et, chose digne d'être notée, ces pseudo-membranes ont un siège de prédilection, à savoir : le pharynx, les fosses nasales, le larynx, la trachée-artère, de sorte qu'un des principaux dangers que les malades courent, c'est l'asphyxie.

On le voit, c'est une des maladies les plus graves ; ceux qui en sont atteints sont exposés à deux périls : l'asphyxie par obstruction des voies respiratoires, ou la mort par empoisonnement général.

De tout temps on s'est préoccupé de rechercher des moyens énergiques pour arrêter le développement du mal ou pour aider le malade à résister à l'infection générale qui le menace. De là deux ordres de traitements préconisés : les uns ont pour but de combattre la propagation du processus local jusqu'aux voies respiratoires ; les autres cherchent à détruire le virus qui empoisonne le sang. Il faut le dire, jusqu'ici la plupart des remèdes préconisés se sont montrés impuissants à donner les résultats qu'on en attendait. Vantés outre mesure par ceux qui en étaient les inventeurs, ils ne se montraient pas aussi efficaces entre les mains de ceux qui y avaient recours plus tard. C'est ainsi que nous avons vu tomber, tour à tour, les cautérisations, le chlorate de potasse, le perchlorure de fer, etc.

Un des plus savants médecins de la Belgique, le Dr Cousot, de Dinant, vient de faire connaître une nouvelle méthode de traitement, qui, depuis bientôt dix ans qu'elle a été employée, a donné le résultat magnifique de quatre-vingt-treize guérisons sur quatre-vingt-seize cas ; et encore des trois cas où elle a échoué, il y en a deux, où elle a été appliquée à des agonisants, et un où elle n'a pas été administrée sérieusement.

On peut donc dire que tous les cas où on y a eu recours à temps se sont terminés par la guérison (1).

(1) Dr Eugène Hubert. Du tannin dans le traitement de la diphtérie (*Journal des sciences médicales de Louvain*. Février 1879).

Dr Cousot. Étude sur la diphtérie (*Journal des sciences médicales de Louvain*. Mars 1879).

Le traitement consiste dans l'application locale du tannin, sous forme de mucilage, sur les points où les fausses membranes se sont développées, à savoir : les amygdales, le pharynx, les fosses nasales, peut-être même le larynx.

Voici l'interprétation de l'action de cette nouvelle médication. Pour le Dr Cousot, la diphtérie est une maladie primitivement locale. A son début, elle n'offre pas de gravité ; elle ne devient dangereuse que dans deux cas : soit par sa propagation au larynx, d'où suffocation, soit par empoisonnement général. Or le tannin a pour propriétés principales d'être astringent, antiphlogistique et antiseptique ; il précipite l'albumine, rend imputrescibles toutes les matières animales, se fixe sur elles dans des combinaisons insolubles soit sur le pus, soit sur le sang ; ces propriétés assurent son effet contre le développement ou la présence de microbes quelconques. Le tannin a donc le double avantage et remplit la double indication : 1° de s'opposer à la propagation des fausses membranes en mortifiant celles qui existent déjà ; 2° de tuer les animalcules morbigènes qui existent dans les fausses membranes et qui, balayés par l'air qu'on inspire, pénètrent dans les voies respiratoires, sont absorbés par les vaisseaux sanguins pulmonaires et vont ainsi déterminer un empoisonnement général.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que ce traitement local ne doit pas faire négliger les moyens secondaires et accessoires indiqués par l'état général ou par toutes les complications qui peuvent se présenter.

C'est avec conviction que j'attire l'attention des médecins sur ce nouveau mode de traitement. Car des quatre-vingt-treize cas cités plus haut, trois me sont personnels.

Dans une même famille, j'ai pu en dix jours de temps sauver la mère et ses deux enfants, atteints tous trois d'une diphtérie grave.

Du traitement local des maladies de l'estomac. — Un des grands progrès de la thérapeutique moderne est, sans contredit, l'invention de différents procédés, permettant d'aller porter les médicaments sur les organes malades, même sur ceux qui sont situés profondément dans les grandes cavités du corps. C'est ainsi que les affections de l'estomac peuvent être traitées localement, grâce à cet instrument, encore peu employé chez nous, je veux parler de la pompe stomacale de Kussmaul (1).

(1) Le lecteur pourra trouver des indications détaillées sur ce procédé dans les travaux suivants : Kussmaul, Deutsch. Arch. fur klin. Medic. Bd. VI, p. 455 — Leube, Ueber die Therapie der Magenkrankheiten. Volkmann samml. klin. Vortraege, n. 62. — Malbranc, Ueber die Behandlung von Gastralgien mit der inneren Magendouche, nebst Bemerkungen ueber die Tech-

Cette méthode consiste à retirer de l'estomac tout le contenu liquide qui s'y trouve et à en examiner les propriétés physiques, chimiques et organiques. L'opération se pratique à l'aide d'une simple sonde introduite dans l'estomac par la bouche, le pharynx et l'œsophage.

On extrait le liquide gastrique, soit en convertissant la sonde en un siphon, que l'on amorce à l'aide d'un irrigateur, soit en adaptant à l'extrémité externe de la sonde une pompe construite à cet effet par le Dr Kussmaul.

Cette opération offre une double utilité : 1° elle peut être uniquement faite dans un but diagnostique, c'est-à-dire, que l'on peut étudier les propriétés du liquide stomacal pour reconnaître la maladie qui affecte cet organe. C'est ainsi que le Dr von den Velden a établi que chaque fois qu'on retrouvait de l'acide chlorhydrique libre dans le suc gastrique ainsi retiré, on pouvait écarter *à priori* l'hypothèse d'un cancer de l'estomac ; 2° cette opération est, en même temps, une médication très puissante dans certaines affections de l'estomac, ordinairement rebelles aux médications usitées. C'est principalement dans les cas de dilatation de l'estomac qu'on pourra retirer de grands avantages de ce traitement. L'estomac, on le sait, est un organe contractile, se dilatant par l'ingestion de matières liquides ou solides et revenant sur lui-même par l'expulsion de ces matières dans le tube intestinal. Or, cette rétraction de l'estomac peut être entravée par diverses causes : c'est ainsi qu'il peut exister une tumeur cancéreuse ou autre à l'orifice de communication de l'estomac avec l'intestin ; par les progrès du mal, la lumière de cet orifice se rétrécit graduellement, d'où stase des matières et dilatation de l'estomac. D'autres fois, il existe une congestion et, plus tard, une inflammation chronique de la muqueuse gastrique ; ces processus morbides déterminent la sécrétion d'une certaine quantité de liquide et de gaz dans la cavité stomacale ; en outre, les digestions se font mal ; les aliments séjournent trop longtemps dans l'organe digestif ; d'où encore accumulation du contenu et dilatation de l'estomac. Enfin, sous l'influence d'écarts de régime répétés, ou par l'ingestion habituelle d'une quantité trop abondante d'aliments de digestion difficile, il se manifeste un trouble dans la fonction de l'estomac ; cet organe n'a pas le temps de se débarrasser entre deux repas des matières alimentaires qui lui sont confiées; les fibres musculaires de l'estomac s'affaiblissent; l'organe perd sa contractilité, d'où dilatation plus ou moins permanente.

Dans ces différents cas, la méthode de Kussmaul se montre d'une effi-

nik der Sondirung des Magens. *Berlin. Klin. Wochenschr.* 1878, n. 4. Dr Reinhard von den Velden. Ueber Vorkommen und Mangel der freien Salzäure im Magensaft bei Gastrektasie. *Deutsch. Arch. für klin. Medicin.* Bd. XXIII, p. 369.

cacité réelle et durable. En effet, elle permet d'évacuer entièrement l'estomac de son contenu, ce qui n'était plus possible par les seuls efforts des fibres musculaires gastriques. Par là même, elle prévient ou retarde le travail de fermentation et de décomposition qui s'opère dans ce contenu et qui, en troublant les fonctions digestives, agit d'une manière nuisible sur la muqueuse gastrique. Enfin, on peut, à l'aide de ce procédé, introduire directement des substances médicamenteuses destinées à agir sur l'organe malade ; c'est ce qu'on fait en injectant des liquides tels que de l'eau froide, des solutions alcalines, des préparations antifermentescibles, etc.

Cette méthode du professeur Kussmaul offre donc de grands avantages dans le traitement de certaines affections de l'estomac. Combinée avec l'institution d'un régime sévère et rationnel, elle peut amener la guérison radicale ou, tout au moins, de sérieuses améliorations dans des maladies anciennes, rebelles jusque-là à tout autre traitement.

Traitement des nœvus par l'application externe d'éthylate de sodium (1). — Notre arsenal thérapeutique, qui est déjà si encombré et qui renferme un si grand nombre d'armes rouillées et inutiles, vient de s'enrichir d'un nouveau médicament. Je n'ai garde, dans cette revue de thérapeutique, de mentionner toutes les substances nouvellement préconisées. Mais je ne veux pas passer sous silence celles qui répondent à un besoin véritable et qui comblent une lacune réelle. Or, je crois que l'éthylate de sodium est dans ce cas. Il a le mérite de fournir une indication bien précise et de présenter des avantages incontestables.

Cette substance est recommandée par le Dr Richardson pour traiter les nœvus ou taches de naissance.

Les nœvus sont, comme on le sait, de petites tumeurs, formées par la dilatation de quelques vaisseaux sanguins, et se présentant sous l'aspect de simples taches ou de gonflement plus ou moins grand. C'est ce que l'on appelle encore taches vineuses, tumeurs érectiles, etc. Elles peuvent se montrer sur toutes les parties du corps ; à la face elles constituent quelquefois de véritables difformités. Elles sont souvent uniques, mais parfois elles sont multiples. C'est ainsi que j'ai donné des soins à un enfant, qui en portait sept ou huit : une à chaque tempe, une sur la tête, d'autres sur les cuisses, les bras et le dos. Chose remarquable, les frères et sœurs de cet enfant et un cousin germain ont montré les mêmes taches; mais elles étaient uniques pour chaque enfant.

Disons encore qu'on attribue souvent l'apparition de ces nœvus à des émotions que la mère aurait éprouvées pendant la grossesse, en aperce-

(1) Société médicale de Londres. Séance du 28 octobre 1878. — *The Lancet*, 2 novembre 1878.

vant des personnes, dont la figure était ensanglantée ou recouverte des mêmes difformités.

Quoi qu'il en soit, il y a souvent indication de faire disparaître ces productions. Et si elles siègent sur la face, il est important d'employer des moyens qui ne laissent aucune trace, ni cicatrice, ni changement de coloration de la peau, ni défiguration.

Un grand nombre de méthodes ont été préconisées. Je citerai, par exemple, la cautérisation au fer rouge, les injections interstitielles de perchlorure de fer, une nouvelle méthode due au professeur Lefebvre, consistant dans la dessiccation suivie de l'application du perchlorure de fer, la ligature, etc.

Or, l'éthylate de sodium a été essayé avec succès dans ces cas. Lorsqu'on l'applique sur la peau, il se décompose au contact de l'eau sécrétée à l'endroit d'application, le sodium est oxygéné de manière à former de la soude caustique, et alors survient une destruction graduelle des tissus, qu'on peut limiter de façon à la rendre presque imperceptible, ou à la faire pénétrer assez profondément.

L'éthylate de sodium agit donc à la manière des caustiques ; il détruit les tissus vasculaires qui constituent les nœvus ; et cette opération se fait sans danger d'hémorragie et, d'après le Dr Richardson, en ne laissant qu'une cicatrice peu apparente.

Mon savant confrère, le Dr Bribosia, de Namur, a déjà eu recours à ce nouveau procédé et il m'a assuré en avoir retiré d'excellents effets.

Du nitrite d'amyle (1). — Le nitrite d'amyle aussi est un médicament récemment introduit en médecine et dont les propriétés sont encore à l'étude. Ce corps, découvert en 1844 par Balard, s'obtient le plus souvent par l'action de l'acide nitrique sur l'alcool amylique. C'est un liquide jaune verdâtre ; il est très volatile et répand une odeur prononcée, assez agréable, de pomme de reinette. Exposé à l'air et à la lumière il s'altère assez vite et perd ses propriétés physiologiques.

Lorsqu'on respire les vapeurs de cinq à dix gouttes de nitrite d'amyle répandues sur un mouchoir, au bout de quelques secondes il se manifeste une vive rougeur du visage, des oreilles, du cou, parfois même de la poitrine et des bras. En même temps le pouls devient plus fréquent, et le tracé sphygmographique du pouls est modifié. Les symptômes subjectifs sont une sensation de vertige, une grande chaleur à la tête, de

(1) R. Pick, Ueber das Amylnitrit. Berlin 1877. — Urbantschitsch, Ueber die therapeutische Wirkung des Amylnitrit. *Wien. Medic. Presse*, 1877. — Van Ermengem, Du nitrite d'amyle, *Journal des sciences médicales de Louvain*, 1876. — Lœbisch und Rokitansky, Die neueren Arzeneimittel. *Wiener Klinik*, 1879.

fortes palpitations de cœur, une surexcitation intellectuelle, parfois une grande propension au rire, dans un cas un accès de chorée.

On n'est pas encore parvenu à établir d'une manière positive l'interprétation de ces phénomènes; cependant on peut considérer comme probable que le nitrite d'amyle détermine une congestion cérébrale; il est possible qu'il produit également une modification chimique du sang.

On a administré ce médicament dans un grand nombre de cas; on s'en est surtout bien trouvé dans ce mal, si fréquent, si pénible et si rebelle à tout traitement, j'ai nommé la migraine. Il réussirait surtout bien dans ces migraines qui se traduisent extérieurement par une pâleur plus ou moins grande de la face. Il serait contre-indiqué, au contraire, lorsque la migraine s'accompagne de vive rougeur de la figure (1). La respiration de trois à cinq gouttes de nitrite d'amyle coupe les accès suivants.

On en a également retiré de bons effets pour couper les accès d'épilepsie, principalement quand on peut attribuer ces accès à une contraction des vaisseaux sanguins et à une anémie cérébrale.

L'angine de poitrine, qui ne se lie pas à une affection organique du cœur et qui est due à un spasme général des vaisseaux sanguins, cède ordinairement au nitrite d'amyle. Mais cette espèce d'angine de poitrine est rare. On l'a vivement recommandé dans l'asthme essentiel. Quelques gouttes de nitrite calment les accès de dyspnée, et préviennent jusqu'à un certain point le retour d'accès ultérieurs.

Je citerai encore, comme indications de ce médicament, certaines névralgies de la face, le tétanos, la colique de plomb, l'éclampsie puerpérale, le mal de mer, etc.

Le nitrite d'amyle tiendra-t-il toutes les promesses que l'on nous fait? Il serait difficile de le dire. Il ne faut pas, en tous cas, perdre de vue que c'est un médicament extrêmement actif, et par conséquent un peu dangereux. Dans un cas d'asthme, j'ai vu, sous son influence, des symptômes cérébraux, qui m'ont rendu prudent. Il est important de n'employer que de très faibles doses (une goutte) la première fois qu'on l'essaie. Dans des administrations ultérieures, on peut augmenter les doses.

Dr Moeller.

(1) Ces cas de migraine avec congestion de la face demandent une autre médication ; je me suis très bien trouvé alors de l'usage prolongé du seigle ergoté.

GÉOGRAPHIE.

Le commencement de l'année nous a apporté le deuxième volume de la seconde série de l'*Année géographique* de MM. C. Maunoir et H. Duveyrier et le septième volume du *Geographisch Jahrbuch* de M. Behm. Disons un mot de ces deux ouvrages indispensables pour quiconque veut se tenir au courant des progrès de la géographie.

En 1863, M. Vivien de Saint-Martin commença la publication de l'*Année géographique*, qu'il continua pendant quatorze ans avec le plus grand succès.

Cet annuaire contient une bibliographie extrêmement complète des livres, brochures, articles, etc., ayant trait à la géographie, parus l'année précédente dans toutes les langues. Souvent une note de quelques lignes accompagne le titre du travail annoncé, et en fait connaître la valeur. Après cette bibliographie arrangée par pays, l'auteur parle des découvertes faites dans les différentes contrées du globe et en rend compte soit en résumant les ouvrages cités, soit en donnant des extraits.

En 1876, ses nombreux travaux et ses soixante-quatorze ans ont contraint M. Vivien de Saint-Martin d'abandonner la rédaction de l'*Année géographique*. Ce sont MM. Maunoir et Duveyrier, qui ont recueilli son héritage ; et ils ont déjà publié deux volumes de cette seconde série ; c'est le dernier qui va nous occuper.

Il résume les découvertes de 1877. Les auteurs ont suivi l'excellente méthode de leur prédécesseur ; mais il est à regretter qu'ils n'aient pas, comme lui, ajouté à leur travail une table par ordre de matières, qui facilite beaucoup les recherches. Ils paraissent ne pas avoir eu en mains tous les ouvrages cités dans leur bibliographie ; nous avons, entre autres, remarqué, pour la Belgique, des livres et des cartes qui datent d'il y a vingt ans et plus, et qui sont donnés comme ayant paru en 1876. La correction laisse aussi parfois à désirer et quelques titres d'ouvrages indiqués sont complètement inintelligibles.

Les auteurs nous pardonneront ces remarques, elles sont toutes bienveillantes ; nous sommes de l'avis d'Horace : *Ubi plura nitent... non ego paucis offendar maculis.* Généralement leur travail peut figurer dignement à côté de celui de M. Vivien, et fait désirer qu'ils trouvent le loisir de nous donner encore cette année le volume de 1878 ; de sorte qu'en janvier ou février prochain ils soient au courant et puissent publier le résumé des découvertes de 1879.

Le *Jahrbuch* que dirige M. Behm et dont le septième volume vient

de paraître en février, se publie tous les deux ans. Il suit une autre méthode que l'*Année géographique*. On y trouve l'exposé détaillé des progrès faits dans les différentes sciences qui ont des rapports avec la géographie. Ainsi le volume dont nous parlons renferme des notices très complètes sur les progrès de la météorologie, de la géographie des plantes et des animaux, sur la mesure des degrés en Europe, sur la statistique de la population et sur l'ethnologie ; puis viennent des renseignements fort intéressants sur le commerce du globe de 1876 à mai 1878, et sur les résultats de la mesure de la profondeur des mers. Suivent : un article sur les nouvelles méthodes employées dans l'enseignement de la géographie ; une statistique des 50 sociétés de géographie et des nouveaux journaux géographiques et une table donnant la position astronomique de 120 observatoires. Le volume se termine par des tableaux très commodes pour la réduction des mètres en brasses anglaises et *vice versa*.

Tous ces articles sont rédigés par des savants spéciaux et tout à fait à la hauteur de la science.

Afrique. — Le 24 janvier dernier M. Savorgnan de Brazza a fait, à la Société de géographie de Paris, le récit de son aventureux voyage dans l'Afrique équatoriale.

Il arriva au Gabon à la fin de l'année 1874, accompagné de M. le docteur Balley, de M. Marche et de douze *laptots* (soldats indigènes du Sénégal au service de la France), commandés en sous-ordre par le quartier-maître Hamon. A peine débarqués, tous payèrent tribut au climat et ce n'est qu'au mois d'août 1875 qu'ils purent enfin quitter Lambéréné (Ilimba-Reni), à 390 kilomètres de la côte, limite extrême des factoreries européennes.

Après avoir poussé une exploration sur la partie encore inconnue du fleuve, M. Marche, l'ancien compagnon du marquis de Compiègne, se vit forcé de revenir en Europe, l'état déplorable de sa santé ne lui permettant point de continuer le voyage. Le 26 septembre 1877, il abandonna, à son grand regret, ses compagnons dont il rapporta les dernières nouvelles en Europe. Pendant quinze longs mois on n'entendit plus parler d'eux, et on commençait à s'inquiéter de leur sort lorsqu'ils revinrent à la côte, le 30 novembre dernier.

Ils avaient eu constamment à lutter contre la mauvaise volonté et la cupidité des noirs; cependant avec des peines infinies, et malgré la maladie et des contrariétés de toute espèce, ils ont pu remonter l'Ogôoué jusqu'à la chute de Poubava, où l'on ne trouve plus que quelques petits ruisseaux sans importance.

Ils auraient pu s'arrêter là; la tâche qu'ils s'étaient imposée était accomplie : ils avaient reconnu l'origine de l'Ogôoué qui n'est en communication ni avec les grands lacs ni avec le Congo comme on l'avait

cru; ils résolurent cependant de pénétrer plus avant dans l'intérieur. Après avoir quitté le bassin de l'Ogôoué, ils s'avancèrent à travers une contrée dévastée par la famine et atteignirent, au bout de 90 kilomètres, une belle rivière nommée Alima, coulant vers l'est et ayant une largeur de 150 mètres. Ils la suivirent, d'abord par terre, puis avec des pirogues achetées aux indigènes. Mais bientôt ils se virent accueillis à coups de fusil par les riverains. Bien que leurs armes perfectionnées eussent facilement raison des vieux fusils à pierre de leurs agresseurs, ce n'était pas avec une quinzaine d'armes à feu et des munitions fort réduites qu'il fallait songer à poursuivre cette route dangereuse. On quitta donc cette rivière pour se diriger vers le nord; les habitants s'y montrèrent plus hospitaliers, mais malheureusement là aussi régnait la famine et l'on ne put obtenir que des provisions insuffisantes.

Après avoir traversé plusieurs rivières, qui toutes se dirigent vers l'est, M. de Brazza, ne pouvant plus nourrir ses hommes, en renvoya quelques-uns vers l'Ogôoué avec le Dr Balley et le contre-maître Hamon; lui-même, avec les autres, poursuivit son exploration jusqu'au nord de l'équateur, malgré son état maladif et ses jambes couvertes de plaies. Enfin, à l'approche de la saison des pluies, il alla rejoindre ses compagnons et put avec eux descendre le fleuve.

Pour résumer en quelques mots cette énergique campagne, nous ajouterons avec le secrétaire de la Société de géographie de Paris, « qu'elle dura trois ans, dont quinze mois passés sans aucune relation avec le monde civilisé; que les explorateurs eurent à supporter toutes les souffrances et à lutter contre tous les dangers, et que le seul itinéraire de M. de Brazza, en pays inconnu, comprend plus de treize cents kilomètres dont près de huit cents parcourus à pied. » On ne sera pas étonné après cela que la Société de géographie de Paris vienne de décider que le courageux explorateur obtiendra la grande médaille d'or pour 1879.

Le Dr Rohlfs, connu par ses deux voyages au Sahara et par sa traversée de l'Afrique entre Tripoli et Lagos, est de nouveau parti pour la Libye. Il avait voulu déjà, il y a cinq ans, y pénétrer du côté de l'Égypte, mais des dunes de sable mouvant lui ont barré le passage. Cette première expédition toutefois n'a pas été sans résultat; elle a démontré que le *Bahr bela ma*, fleuve sans eau, qu'on croyait se diriger parallèlement au Nil dont il aurait été le lit dans les temps primitifs, n'existe pas et doit être effacé de la carte de l'Afrique.

Cette fois M. Rohlfs se propose d'aller de Tripoli par Mizda à l'oasis de Sokna, et de là par Zala, dont la position est encore indéterminée, il se rendra par le Haroudj noir, — le *Mons ater* de Pline, — traversé par Hornemann en 1798, à la mystérieuse oasis de Kouflara. De là il prendra au sud par le Djebel-el-Kour, le chemin du Wadjanga pour arriver

au Wadaï, où il espère être accueilli avec autant de faveur que l'a été son compatriote Nachtigal.

Il se propose de se diriger du Wadaï sur Kouka où il s'est créé des liaisons amicales lors de son premier voyage; ensuite il compte remonter le Chari jusqu'à sa source et explorer également le Bénoué. On sait que les voyageurs ne sont pas d'accord sur l'origine du Chari qui se décharge dans le lac Tsad. Suivant les uns cette rivière sort du lac Liba ou d'un autre lac de l'Afrique centrale, tandis que Schweinfurth croit qu'elle forme le cours inférieur du Ouellé, que Stanley pense être un affluent du Congo.

Si vaste que soit ce plan, il ne suffit pas à l'infatigable voyageur. Il s'efforcera de pousser ses explorations jusqu'à la rive droite du Congo-Livingstone et de rechercher si ce fleuve est en relation avec l'Ogôoué ; il ignorait, au moment de son départ, que ce problème avait été résolu par M. de Brazza.

M. Rohlfs a pour compagnons de voyage deux jeunes savants autrichiens, MM. Stecker et Csillig; il n'amènera pour toute escorte qu'une vingtaine d'hommes qu'il louera à Sokna, dont les habitants sont tous marcheurs et porteurs excellents. Il leur payera trois mois d'avance et s'obligera, devant le consul de Tripoli, à payer le reste au retour. Pour traverser le désert de la Libye, il se servira de chameaux, mais arrivé au Wadaï il achètera des chevaux, qui y coûtent de 32 à 35 francs par tête.

L'expédition est pourvue d'excellents instruments, et les frais en sont couverts par l'Association africaine de Berlin, qui a donné 10 000 thalers pour 1878, et promis une somme égale pour la présente année. M. Csillig a voulu contribuer, pour 4 000 thalers, aux frais du voyage.

L'Association internationale africaine compte une troisième victime. On lit dans le *Moniteur belge* du 18 mars : « Le lieutenant Wautier est mort de la dyssenterie à Hekoungou, près du lac Tchaïa, le 19 décembre. »

Le *Journal des Débats* publie une lettre de l'abbé Debaize à M. Mouchez, directeur de l'Observatoire de Paris. Elle nous apprend que M. Cambier est arrivé vers la mi-septembre auprès du roi Mirambo, dans sa résidence d'Ourambo (32° 14′ 48″ long. E. de Greenwich, lat. S. 4° 23′ 23″, d'après la carte de Stanley). Peu de temps auparavant il s'était vu abandonner de tous ses hommes; forcé de se procurer d'autres porteurs, il est arrivé à Ourambo, en bonne santé, mais presque entièrement ruiné. Les lettres des missionnaires algériens nous apprennent que le 5 février il s'y trouvait seul, ses compagnons n'étant pas encore arrivés.

Voici ce que l'abbé Dehaize dit de Mirambo : « Ce prince jouit en Europe d'une réputation bien supérieure à ses mérites. C'est un tyran cruel dont le caprice est toute la loi ; son territoire est très petit et son armée ne compte guère que 400 soldats. S'il ne fait pas payer aux européens le *hongo* ou droit de passage, il sait se dédommager d'une autre manière bien plus avantageuse pour lui. Il propose en effet à tout blanc qui traverse son territoire le pacte du sang ; à la suite de la cérémonie, il fait quelques cadeaux, mais en retour il assiège l'Européen, devenu son frère, comme il dit, d'une foule de demandes auxquelles on doit satisfaire. »

Une dépêche du Cap du 25 février, expédiée à l'*Agence Havas* le 15 mars, donne des nouvelles de l'expédition portugaise. Elle se trouvait à Bihé le 10 mars 1878. Vers le milieu du mois de juin elle était, comme nous l'avons dit, un peu au-delà de Bihé. Aujourd'hui elle est parvenue à traverser l'Afrique de l'ouest à l'est ; mais elle doit avoir eu beaucoup à souffrir en route, car le major Pinto est arrivé à Pretoria, capitale du Transvaal, avec huit hommes seulement des quatre cents qu'il avait emmenés de Bihé. Les détails manquent.

La nouvelle, rapportée par nous sur la foi de l'arabe Abdallah, de la mort de deux voyageurs appartenant à la mission d'Alger s'est malheureusement confirmée. L'un d'eux a été tué par un lion.

Le gouvernement anglais vient de relier la ville du Cap avec Pietermaritzburg, capitale du Natal, par un fil télégraphique qui va être prolongé jusqu'à Pretoria, capitale du Transvaal. A ce propos, on discute sérieusement au Cap la question de continuer cette ligne télégraphique jusqu'à Tété, ville portugaise sur le Zambezi ; puis de là à Zanzibar, et de Zanzibar entre les deux grands lacs du Nil à Lado sur le Nil blanc, d'où elle serait reliée, par Khartoum, le Caire et Alexandrie, aux télégraphes de l'Europe.

Le *Diario de noticias* nous apprend que le chemin de fer de Lourenço Marquez à Transvaal va être entrepris aussitôt que les questions qu'il soulève auront été réglées entre le Portugal et l'Angleterre. C'est le directeur des travaux publics de la province de Mozambique qui sera chargé des études définitives sur le terrain.

Amérique. — Dans l'avant-dernière livraison du *Bulletin de la Société de géographie de Paris*, le Dr Crevaux a résumé les résultats de son voyage dans l'intérieur de la Guyane. Ce voyage a réussi au delà de ses espérances ; il se proposait de pénétrer jusqu'à la chaîne de Tumuc-Humac ; il l'a traversée et a effectué son retour par le versant sud, en descendant la rivière Yary qui l'a conduit dans les eaux de l'Amazone. Son voyage a duré 142 jours, pendant lesquels il a parcouru 500 lieues dont 225 en pays complètement inexploré.

Au bout d'un mois, les deux missionnaires qui l'accompagnaient, Mgr. Émouet, vicaire apostolique de la Guyane française, et le R. P. Krœnner, étaient obligés de retourner sur leurs pas après avoir failli succomber à des accès de fièvre pernicieuse; tous ses hommes, découragés ou épuisés par la maladie, l'avaient abandonné et il ne lui restait plus qu'un seul nègre pour compagnon de voyage.

La traversée de la chaîne du Tumuc-Humac surtout présenta les plus grandes difficultés. L'expédition mit seize jours pour parcourir les 85 kilomètres du Maroni au Yary, et pendant tout ce trajet il fut impossible de renouveler les provisions, tout ce pays étant complètement inhabité. La descente du Yary présenta les plus grands dangers; de mémoire d'homme, ni blanc, ni nègre, ni indien n'avait osé s'aventurer au milieu de ces cataractes. Le voyageur les franchit dans une faible pirogue, montée par deux hommes seulement.

C'est sur le plateau des Tumuc-Humac que les anciens géographes placèrent le fameux royaume de l'Eldorado. Le nom de ce pays est aujourd'hui passé à l'état de mythe, mais comme on l'entend encore citer de temps en temps, nous croyons que nos lecteurs liront avec intérêt son histoire.

Peu de temps après que Pizarre eut conquis le Pérou, un bruit assez étrange se répandit parmi les aventuriers qui allaient chercher fortune en Amérique. Un prince péruvien, disait-on, s'était enfui dans l'intérieur du continent emportant toutes ses richesses et emmenant quelques milliers de ses sujets auxquels s'était jointe la tribu des *Orejones*. Il s'était établi dans la Guyane sur le haut Orénoque près d'un grand lac d'eau salée nommée Parimé; là il avait fondé un royaume où l'on suivait les lois des Incas et qui comptait des villes plus nombreuses et plus florissantes que ne le furent jamais celles du Pérou. La capitale appelée Manoa, avait un palais construit en blocs d'or massif; et le roi, ainsi que les grands de sa cour, étaient entièrement vêtus d'or, ou plutôt dorés des pieds à la tête, d'où le nom *el Dorado* (l'homme doré) donné à ce prince. Du reste le pays était riche en or et en argent, et les pierres précieuses y abondaient. On tenait tous ces détails d'un certain Juan Martinez, maître d'artillerie à Ordaco, qui prétendait avoir passé sept mois dans la ville de Manoa.

Bon nombre de voyageurs essayèrent de pénétrer dans cette terre de merveilles; nous ne citerons que sir Walter Raleigh, qui remonta l'Orénoque en 1595, et disait que « celui qui parviendrait à conquérir ce pays posséderait plus d'or et régnerait sur plus de peuples que le roi d'Espagne et l'empereur de Turquie ensemble. »

Inutile d'ajouter que ni Walter Raleigh ni aucun des aventuriers qui tentèrent l'entreprise n'y réussirent. Cependant personne ne douta de la véracité de Martinez et les noms de l'Eldorado, de Manoa et du lac Parimé

continuèrent à figurer sur la carte de l'Amérique jusqu'à la fin du XVIIe siècle. Ils furent effacés à cette époque et traités de fables.

Cela n'empêcha point un allemand de Hildesheim, nommé Nicolas Hortsmann, d'aller encore à leur recherche en 1740. Il remonta l'Essequébo, et après avoir passé plusieurs petits lacs et traversé de vastes campagnes, traînant avec lui son canot, il parvint à un affluent du Rio Negro et arriva, par cette rivière, au fleuve des Amazones sans avoir rien rencontré qui ressemblât à ce qu'il cherchait. L'Eldorado avait disparu.

Revenons au voyage du Dr Crevaux.

Le hardi voyageur n'a pas borné sa communication à ses aventures de voyage, il a dépeint à grands traits les contrées qu'il a parcourues et est entré dans d'intéressants détails sur l'hydrographie du pays, sur ses forêts vierges et les différentes essences d'arbres qu'on y rencontre. Il a esquissé la géologie des terres qu'il a explorées et a longuement entretenu ses auditeurs de l'or que l'on y exploite depuis quelque temps dans presque tous les cours d'eau. Les habitants considèrent généralement les Tumuc-Humac comme la source unique de tout le métal précieux qu'ils trouvent dans leurs criques et leurs rivières ; mais l'examen de deux *placers* a permis au savant voyageur de constater que cet or provient exclusivement de la desagrégation des montagnes qui entourent les cours d'eau et en forment les bassins. Ce phénomène se produit chaque jour par la simple intervention de la pluie. Chaque montagne est une source isolée et indépendante qui déverse ce métal dans la crique la plus voisine. La désagrégation des roches par les pluies, et aussi par les racines des grands arbres, qui portent dans le sol l'oxygène, c'est-à-dire l'agent destructeur des roches par excellence, forme chaque jour de nouveaux dépôts aurifères ; de sorte qu'il sera difficile aux mineurs de détruire jamais la production de l'or des alluvions des Guyanes.

On se tromperait toutefois en s'imaginant que c'est cette inépuisable richesse qui a servi de base à la légende de l'Eldorado. L'origine en est tout autre. La chaîne des Tumuc-Humac est très riche en grottes formées de roches micacées, et l'homme doré, *el hombre dorado* des Espagnols, s'enduisait le corps et les cheveux, non pas de paillettes d'or, mais de cette poussière que tout le monde connaît sous le nom de sable d'or ou or des singes, et que les noirs de la Guyane désignent par le mot de *Caca soleil*.

Quant aux palais d'or massif ce sont les grottes en roches micacées dont nous venons de parler. Le Dr Crevaux en a vu une sur les bords du Courouapi, affluent de la rivière de Yary. Lorsque le soleil pénètre dans cet antre obscur, on voit les parois briller du plus vif éclat grâce à la réflexion des rayons du soleil sur des milliers de paillettes de mica qui reluisent comme de l'or.

Le fameux lac Parimé est une inondation qui se renouvelle chaque

année au pied de la chaîne des montagnes. Vers le milieu de la saison des pluies, la crue des eaux est tellement considérable que le sol est recouvert sur une immense étendue par une couche d'eau qui permet aux Indiens de circuler en pirogues au milieu de la forêt. Nous ne dirons rien du nom de Manoa, on sait depuis longtemps qu'il a été emprunté à une tribu caraïbe appelée Manouas.

Le Dr Crevaux a entrepris un nouveau voyage dans l'intérieur de la Guyane. Il a remonté l'Oyapoc jusqu'à ses sources et recueilli tous les éléments pour dresser une bonne carte. Il se propose de traverser une seconde fois la chaîne des Tumuc-Humac et essayera d'effectuer son retour par le Parou, affluent de l'Amazone, qui coule à l'ouest du Yary et parallèlement à cette rivière.

Régions arctiques. — A l'époque où parut notre dernière chronique géographique, un télégramme de San-Francisco annonça que le capitaine Campbell, du baleinier Norman, avait rencontré, le 20 octobre dernier, des indigènes du cap Est — au détroit de Behring — qui lui avaient appris qu'un navire de guerre se trouvait à l'ancre à 40 milles environ au nord de ce cap.

D'après la description qu'ils ont donnée de ce navire l'on croit que c'est le *Vega* du Dr Nordenskjold, qui se trouve enfermé dans les glaces. Aussitôt le gouvernement russe a envoyé aux autorités d'Irkoutsk l'ordre de faire connaître aux habitants la situation critique où se trouve ce navire et de les inviter à envoyer une expédition spéciale qui essayera d'atteindre le *Vega* par la glace, à l'aide de rennes ou de chiens. Ces ordres ont été exécutés, comme nous l'apprend la dépêche suivante publiée dans le *Messager officiel* de Saint-Pétersbourg. Elle est du baron Frederickx, gouverneur général de la Sibérie Orientale et est datée du 23 janvier :

« Après avoir eu connaissance du fait que le steamer suédois *Vega*, avec le professeur Nordenskjold à son bord, était pris dans les glaces près du cap Est, j'ai ordonné le 3 janvier au gouverneur de Yakoutsk d'envoyer de Nijnekolymsk ou de tout autre endroit, des Tongouses avec des rennes, pour porter secours à ce bâtiment. J'ai fait répandre sur tout le littoral la nouvelle du malheur du *Vega*, en menaçant des peines les plus sévères ceux qui commettraient des violences contre l'expédition. J'ai ordonné au gouverneur de la Province Maritime d'envoyer, des bouches de l'Anadyr, des Tongouses en exprès, avec des rennes. »

Ajoutons que, dans sa dernière séance, la Société géographique de Russie a accordé la grande médaille Constantin, au professeur Nordenskjold.

Le steamer *Jeannette*, ancien *Pandora*, acheté dernièrement par M. J. Gordon Bennett, pour une expédition polaire, a complété ses approvi-

sionnements à San-Francisco. Il a quitté ce port dans le courant de janvier et fait route pour le pôle par le détroit de Behring.

Le capitaine Johannsen, célèbre par ses voyages dans la mer Glaciale, vient d'y découvrir au nord-est de la Nouvelle Zemble, une île isolée, qu'il a nommée *Enzomheden*, la Solitude. Elle a environ 24 kilomètres de long; elle est très pauvre en plantes, mais riche en oiseaux (1).

L. D.

SCIENCES AGRICOLES.

Les journaux ont parlé de la session générale annuelle de la Société des agriculteurs, et de la réunion tenue le 29 mars, à Paris, sous la présidence de M. Estancelin par les délégués des comices et sociétés d'agriculture, dans laquelle soixante départements étaient représentés. Nous trouvons, à ce sujet, dans *le Français*, une étude fort bien faite de M. de Lufay, qui, écrite surtout à un point de vue national, nous semble cependant devoir intéresser tous nos lecteurs européens. C'est pourquoi nous en avons détaché l'extrait suivant :

On l'a dit spirituellement à la réunion du Grand-Hôtel. L'Amérique n'est découverte pour l'agriculture que depuis deux ou trois ans. Elle nous inonde de ses blés et empêche ainsi les nôtres de se vendre à un prix suffisant pour rémunérer le cultivateur. L'agriculture est encore menacée d'être frappée bientôt dans ses bestiaux par la concurrence américaine, comme elle l'est aujourd'hui dans ses blés.....

Quelle est donc la situation, en ce qui touche l'importation des bestiaux américains ? Elle a à peine commencé chez nous, il est vrai ; mais l'expérience a été faite en Angleterre : il faut savoir en recueillir les résultats.

C'est au *Times* que nous allons les emprunter. Le grand journal de la Cité, dans son numéro du 26 février dernier, nous fait d'abord connaître la progression suivie par l'importation des denrées alimentaires en Angleterre.

(1) Petermann's Mittheilungen, 1879, n° 2.

En 1858, elle figurait dans la consommation générale pour 18 sh. 3 d. (22 fr. 80) par tête ; en 1878, elle s'est élevée à 2 liv. st. 19 sh. 7 d. (74 fr. 85). Le tableau suivant fait ressortir la valeur des importations réalisées pendant les trois dernières périodes décennales.

		1848-1858	1858-1868	1868-1878
Animaux vivants, moutons, porcs	L. st.	1 390 068	2 698 496	6 012 564
Blé en grains et farines	L. st.	20 164 811	39 432 624	63 536 322
Viandes mortes, lard, fromages, provisions	L. st.	4 343 592	13 277 683	30 144 013
Total. . .	L. st.	25 898 471	55 408 803	99 692 899

On voit que les importations de denrées alimentaires ont quadruplé en Angleterre dans l'espace de trente ans et qu'elles ont presque atteint, pour la dernière période décennale, le chiffre de 100 millions de livres ou 2 milliards 500 millions de francs. Elles débutent seulement dans notre pays ; on jugera par ces chiffres ce qu'elles pourront devenir si on ne leur oppose aucune digue. Lord Norton vient de constater, à la Chambre des lords, que l'importation des viandes américaines en Angleterre a augmenté depuis dix ans de 500 0/0 quant à la quantité et de 300 0/0 quant à la valeur.

L'Angleterre, qui est surtout une nation manufacturière et commerçante, tandis qu'à l'inverse nous sommes un peuple essentiellement agricole, avait cru pouvoir impunément ouvrir, sans limite, son marché aux importations alimentaires. Mais elle est aussi un pays d'élevage et, devant les conséquences, ruineuses pour sa production de bestiaux, qui résultaient de l'envahissement toujours croissant des bêtes d'Amérique, elle vient, par un artifice ingénieux que lui permet sa législation, de leur fermer presque radicalement l'entrée de ses ports.

Le *Times* nous apprend comment s'est développé ce commerce. Les Américains ont d'abord essayé d'importer des viandes fraîches. Les bêtes étaient abattues la veille du départ d'un navire, et les viandes, suspendues dans des compartiments spéciaux aménagés à cet effet, se conservaient, à l'aide de réfrigérants, pendant la durée des dix jours de traversée qui séparent Montréal ou New-York de Liverpool.

1 000 000 kilogrammes de viande fraîche ont été ainsi importés en Angleterre pendant l'année 1878 et vendus au prix moyen de 60 centimes.

La viande arrivait fraîche et en bonne condition, mais elle avait perdu un peu de saveur. On reconnut bientôt un grand avantage à transporter les bestiaux sur pied.

Le fret se trouva peu élevé, la viande eut plus de qualité et la vente en fut plus facile. Les animaux étaient parqués sur le pont dans l'espace habituellement réservé aux passagers, ce qui n'empêchait pas de charger

d'autres marchandises dans le reste du navire. Débarqués à Liverpool, à Glascow ou à Londres, ils subissaient l'inspection sanitaire du vétérinaire désigné par le département du Conseil privé, après laquelle ils pouvaient circuler librement sur le territoire anglais, voyager de marché en marché, comme le bétail indigène. Un grand nombre de navires avaient été spécialement équipés pour faire ce commerce.

Voici quels sont les chiffres des bestiaux ainsi importés en Angleterre pendant les deux dernières années :

	1877	1878	Augmentation en 1878
Bœufs	19 187	86 589	67 402
Moutons.	23 395	84 076	60 681
Porcs.	810	17 936	17 126

En 1878, il a été importé d'Amérique au seul port de Liverpool 52 376 bœufs, 57 784 moutons et 15 515 porcs, en tout, 125 675 têtes de bétail vivant.

Il était, comme on le voit, grand temps d'aviser, dans l'intérêt du bétail anglais. La péripneumonie fut, très à propos, constatée à bord de quelques steamers américains, dans le port de Liverpool, et il n'en fallut pas davantage pour que le Conseil privé déclarât les États-Unis infectés. La conséquence de cet acte du gouvernement anglais est que les bestiaux américains ne peuvent être débarqués, depuis le 3 mars, que dans des ports autorisés où se trouvent des abattoirs suffisants. Ils sont mis en quarantaine dans un parc contigu au lieu de débarquement et doivent être abattus sur place dans les dix jours.

Cette entrave, qui empêche le bétail américain vivant de séjourner en Angleterre et de se présenter dans les marchés pour y faire concurrence au bétail anglais, bouleverse absolument les conditions du commerce entrepris par les Américains sur une si vaste échelle, et leurs journaux s'en plaignent amèrement; la plus vulgaire prudence doit nous faire craindre que, repoussés en fait du marché anglais, ils se tournent vers le nôtre pour y écouler leurs produits.

La richesse en bétail des États-Unis est évaluée, d'après les derniers documents officiels, à

11 500 000 vaches laitières,
19 250 000 bœufs,
35 740 000 moutons,
24 135 000 porcs,

et ce nombre tend à augmenter par suite des débouchés qu'offre aujourd'hui l'Europe.

« Les chiffres relevés plus haut, dit le *Times*, ne peuvent donner une idée de l'immense développement qu'aurait pris ce commerce, si rien

n'était venu l'entraver. Les premiers steamers ne contenaient que 200 à 300 têtes de bœufs; les nouveaux navires en transportent 500 et même 700. Ces exportations n'ont nullement influé sur les prix aux États-Unis et au Canada, et l'organisation de ce commerce ne fera que prendre une extension illimitée. Dans ces deux contrées, le commerce d'exportation est regardé comme une grande source de profit qui commence. »

Voici quels sont les chiffres des arrivages de bestiaux du Canada, qui ne sont pas encore soumis à la mesure prise par le Conseil privé, et dont l'exportation, observe le *Times*, va s'augmenter par suite de la *prohibition* de celle des États-Unis.

	Bœufs.	Moutons.	Porcs.
	—	—	—
1876	2 767	2 607	Néant.
1877	7 412	6 825	373
1878	17 881	37 831	1 705

Devant les révélations si graves du grand journal anglais, auxquelles on ne saurait, croyons-nous, donner trop de publicité, avons-nous tort de nous alarmer des dangers de l'avenir et de prêcher à tous les amis de l'agriculture et de leur pays l'étude des mesures que réclame une situation déjà si mauvaise?

Il faut remarquer d'ailleurs que, si le péril ne nous vient actuellement que de l'Amérique septentrionale, l'Amérique du Sud, l'Australie, l'Asie même peuvent, d'un jour à l'autre, venir avilir aussi, par leurs exportations, notre production agricole.

Si nous nous laissons envahir par un point, nous le serons bientôt de tous les côtés à la fois. Dans les entreprises commerciales, le succès trouve toujours des imitateurs, quand la voie est ouverte.

La Société des agriculteurs de France ne pouvait, sans manquer à sa mission, s'abstenir de défendre un si grave intérêt. La section de l'*économie du bétail*, qui a pour président M. le comte de Bouillé, a donc, après une étude approfondie de la question, formulé le vœu suivant :

« La section de l'économie du bétail, considérant que les impôts et charges de toute espèce qui grèvent la production agricole française, ne peuvent être évalués à moins de 10 0/0,

» Considérant que le prix de la viande sur pied de l'espèce bovine importée en France a une valeur moyenne de 80 fr. les 100 kilos,

» La viande de l'espèce ovine une valeur moyenne de 100 francs les 100 kilos,

» La viande de l'espèce porcine une valeur moyenne de 100 fr. les 100 kilos,

» Émet le vœu que les droits d'entrée sur les viandes étrangères sur pied importées en France soient fixés :

» Pour l'espèce bovine à 8 fr. les 100 kilos, poids vif,

» Pour l'espèce ovine, à 10 fr. les 100 kilos, poids vif,

» Pour l'espèce porcine, à 10 fr. les 100 kilos, poids vif. »

Non contente d'avoir formulé ce vœu, la section de l'économie du bétail l'a soutenu devant la commission du tarif général des douanes de la Chambre des députés en développant devant elle, par l'organe de M. Julien de Felcourt, son rapporteur, les considérations qui l'avaient inspiré.

M. de Felcourt a fait remarquer à la commission que, dans l'état désastreux où se trouve actuellement notre commerce de blé indigène, qui, vendu à perte, appauvrit le cultivateur, la production de la viande est la seule branche de l'industrie agricole qui puisse encore rémunérer son travail. Or, l'élevage d'outre-mer, qui se produit, sans aucuns frais, sur des territoires immenses, d'une fertilité primitive merveilleuse, et qui trouve pour arriver à nos ports des conditions d'économie inconnues à nos transports à l'intérieur, vient écraser, par une concurrence inégale, les produits que nous élevons à grands frais, sur un sol grevé de lourds impôts de toute nature. On a calculé qu'un bœuf consomme en moyenne un hectare par an ; cet hectare paie environ 15 fr. d'impôt. Si l'on admet qu'il faille trois ans pour engraisser un bœuf, c'est donc 45 fr. que l'animal français aura payés à l'État pour se présenter sur notre marché, où l'animal étranger, débarqué dans nos ports, transporté par nos voies de communication, arriverait gratuitement. Ne serait-ce pas accorder à l'étranger un privilège absurde ? Puisqu'il juge avantageux pour lui de se présenter sur notre marché, il doit commencer par prendre sa part de nos charges, et pour que l'égalité dans les conditions de production soit rétablie autant que possible, le bœuf étranger devra payer, sous forme de droit de douane, les 45 francs que le bœuf français paie à titre d'impôts. C'est ce droit compensateur des charges de l'impôt que la section a converti, pour la facilité de l'application, en un droit de 10 0/0, reconnu à peu près équivalent.

Le prix moyen du kilogramme de viande est demeuré à peu près stationnaire pendant les dernières années, ainsi qu'on peut s'en convaincre par le relevé suivant, fait sur les mercuriales :

Années :	1874	1875	1876	1877	1878
Prix moyen :	1 f. 47	1 f. 54	1 f. 51	1 f. 68	1 f. 57

On ne doit pas craindre que le droit proposé exerce une influence appréciable sur le prix de la viande, car les bêtes étrangères n'entreront que pour une fraction plus ou moins forte dans l'alimentation générale en viande, et le prix de nivellement qui s'établira fera ressortir cette augmentation comme très minime. Elle viendra même sans doute totalement en déduction sur le bénéfice que prélèvent les intermédiaires, et le consommateur ne s'en apercevra pas. On a bien vu, il y a un an,

quand le blé était plus cher de 5 francs, le pain se vendre au même prix qu'aujourd'hui.

Si le prix de la viande demeure élevé, il faut l'attribuer à l'augmentation croissante de son usage dans l'alimentation publique et à la diminution progressive et considérable de l'élevage en France, notamment pour le mouton et le porc.

Cette diminution de l'élevage, motivée par l'impossibilité de soutenir la concurrence étrangère, est un fait des plus graves, puisqu'il peut amener l'appauvrissement irrémédiable de notre sol. On sait que la culture des céréales et l'élevage du bétail sont absolument solidaires et connexes, en ce sens que l'engrais fourni par le bétail de la ferme est nécessaire pour rendre à la terre la fécondité que lui enlève la production normale des céréales, dans l'exploitation même la plus prudente et la plus sagement aménagée.

L'engrais de ferme possède des propriétés auxquelles nul autre ne peut entièrement suppléer sans lui être combiné. Il devrait y avoir théoriquement dans une exploitation une tête de gros bétail ou trois têtes de moutons par hectare.

Dans une période de quinze ans, la population ovine de la France est tombée de 33 000 000 têtes à 24 669 000 : cette diminution dans la richesse de nos troupeaux laisse donc sans engrais près de 3 millions d'hectares de notre sol. Pour le porc, dont l'élevage était très rémunérateur, les quantités énormes de lard salé d'Amérique importées depuis quelque temps ont fait baisser son prix de 30 centimes en deux ans, et cette importation ne fait que commencer. Nos importations d'Amérique en lard, viandes salées, etc., ont atteint 5 701 334 kilos en 1876, 13 094 500 kilos en 1877, et 30 179 300 kilos en 1878, pour les dix premiers mois de chaque année seulement.

Quant aux bœufs étrangers, le marché de la Villette en a reçu du continent européen, en 1878, 22 681 ; dans ce chiffre, l'Italie figure pour une part toujours croissante. Mais l'importation des bêtes sur pied d'Amérique est le grand fait qui menace notre production, bien qu'elle ait à peine commencé. On sait ce qui s'est passé en Angleterre. Vingt-deux compagnies qui se sont formées pour expédier des animaux vivants en Europe fonctionnent actuellement au Canada, où la valeur moyenne d'une paire de bœufs est de 400 à 450 francs.

Le prix de fret pour la France, nourriture comprise, s'élève à environ 260 francs par paire de bœufs, et il serait même susceptible d'être réduit, puisqu'il n'est que de 130 francs environ pour le port de Glascow. Ils arrivent ainsi sur nos marchés à un prix de beaucoup inférieur à celui de nos bœufs français.

Que sera-ce donc quand on en importera de la Plata, où un bœuf coûte actuellement de 50 à 100 francs et un mouton 5 francs ! Pendant

l'année qui vient de s'écouler, 305 bœufs et 273 moutons, venant de New-York, ont été vendus sur le marché de la Villette. Le fret du mouton était de 15 francs par tête. Ils ont été trouvés d'excellente qualité et en parfait état d'engraissement : ils n'avaient donc nullement souffert des douze jours de traversée. Une médicamentation préservatrice des plus simples suffit à affranchir les bœufs de la fièvre qu'ils contractaient parfois à bord.

M. Julien de Felcourt a encore fait remarquer à la commission des tarifs que, l'Angleterre venant de fermer son marché aux bestiaux d'Amérique comme atteints de péripneumonie, si ces bêtes arrivaient en ce moment sur nos ports et se trouvaient en communication avec notre propre bétail, le marché anglais se fermerait immédiatement devant lui. Il nous importe beaucoup de conserver ce débouché, quoique nos exportations de bestiaux en Angleterre soient en décadence, par suite de la diminution de notre production et par le contre-coup de l'exagération des récentes importations américaines dans ce pays. De 9 275 bœufs en 1876, et 8 898 en 1877, notre exportation en bœufs avec l'Angleterre tombait à 6 126 en 1878. Celle des veaux s'abaissait de 18 000 et 14 000 à 12 000, et celle des porcs de 23 000 en 1876 à 6 000 seulement en 1878.

Ces chiffres, relevés sur les *Documents statistiques* publiés par l'administration des douanes, ne s'appliquent, pour chaque année, qu'à une période de dix mois. De 1875 à 1878, nos importations annuelles en bétail se sont élevées de 111 à 240 millions de francs, tandis que nos exportations baissaient de 48 à 28 millions de francs ; c'est-à-dire qu'en quatre ans l'importation a plus que doublé et l'exportation est presque tombée à la moitié.

Qu'on se hâte, quand il en est temps encore, de parer au danger en établissant un droit compensateur de 10 0/0 qui soit un encouragement moral pour notre agriculture, qui lui permette de reprendre ses travaux avec quelque confiance et de ne pas laisser l'alimentation de la France entre les mains de l'étranger.

C'est en s'appuyant sur les mêmes considérations que la section de l'économie du bétail a émis le vœu :

« Que les laines étrangères en suint soient frappées d'un droit de 10 0/0 à leur entrée en France et qu'un droit équivalent protège aussi les tissus de laine français. »

M. de Felcourt a également développé ce vœu devant la commission des tarifs de douanes, en donnant sur la production lainière de la France d'intéressants détails trop peu connus. La diminution de nos troupeaux, tombés en quinze ans de 33 millions de têtes de moutons à 24 millions environ, est un fait des plus graves, au triple point de vue de l'alimentation publique, de l'industrie et de la fertilisation du sol. Le mouton

français donnant une moyenne de 2 kil. 250 gr. de laine en suint par tête, nos 24 669 000 moutons produisent annuellement environ 56 millions de kilogrammes de laine en suint, valant 95 millions de francs en 1878.

Ces laines rendant en moyenne 35 0/0, c'est 19 millions de kilogrammes de laine lavée à fond que produit notre sol.

Si maintenant on compare le prix des laines pendant les dernières années, on les verra suivre un cours décroissant, surtout depuis l'abolition du droit de 10 0/0 qui les protégeait avant 1860. Ainsi, le prix moyen, qui était de 2 fr. 30 de 1856 à 1860, s'est abaissé à 1 fr. 95 de 1862 à 1869, pour tomber à 1 fr. 50 en 1878. Si, au contraire, nous consultons le tableau des importations de laines en suint, nous les voyons s'élever, pour les dix premiers mois de l'année seulement, de 30 900 000 kil., en 1864, à 80 023 000 kil. en 1869, et de 85 000 000 en 1875 à 101 625 000 kil. en 1878.

Donc, en résumé, diminution de 9 millions de têtes de moutons, abaissement du prix de la laine de 2,30 à 1,50 et augmentation des importations de 30 millions à 101 millions et plus de kilogrammes de laine : tel est le bilan de la situation de l'élevage du mouton en France depuis une vingtaine d'années. Nos laines ne peuvent lutter contre celles importées de contrées où les moutons se chiffrent par millions, où leur nourriture ne coûte presque rien et où enfin, depuis ces dernières années, on emploie tous les moyens pour améliorer la qualité des toisons, par le croisement avec des béliers de races pures.

Aussi nos éleveurs, découragés, abandonnent-ils peu à peu la production d'un animal qui n'est plus suffisamment rémunérateur, ni sous le rapport de la laine, ni sous le rapport de la viande.

Il en résulte que l'industrie lainière française a été obligée de demander à l'étranger pour 338 millions de francs environ de laines en 1878, c'est-à-dire les 7/9 de sa consommation, tandis que l'Angleterre, qui produit annuellement pour 212 millions de francs de laines, en importe pour son industrie 200 millions de francs ou les 4/9 seulement.

Le relevé des têtes de moutons entrées à la Villette en 1878 montre bien la décadence de notre production ; il constate les chiffres suivants : 707 435 moutons indigènes, 102 676 moutons d'Algérie, et 1 077 602 bêtes importées de l'étranger.

R. de Lufay.

MÉLANGES.

Fragments inédits de Pascal.

La lettre inédite (1) du P. Lalouère, jésuite du XVIIe siècle, que nous publions ci-après, se rapporte à la fameuse controverse sur les propriétés de la cycloïde, suscitée par Pascal en 1658. On sait que Pascal, alors en plein dans sa guerre contre les jésuites, s'étant remis momentanément à des recherches de géométrie depuis longtemps négligées, était arrivé à de beaux théorèmes sur la courbe nommée *cycloïde*, dont le P. Mersenne, Roberval, Torricelli et d'autres s'étaient occupés quelques années auparavant, et qu'il avait porté un défi aux géomètres de son temps de résoudre les mêmes problèmes. L'histoire, assez intéressante, de ce concours et des travaux publiés antérieurement, forme le sujet d'un petit écrit donné par Pascal en 1658 (2) ; Montucla y a puisé presque tout ce qu'il raconte sur ce sujet dans son *Histoire des Mathématiques*. Ce libelle, cependant, ne se distingue ni par la bonne foi ni par l'impartialité. Tout rempli du désir d'exalter les découvertes de son ami Roberval, Pascal ne semble pas faire équitablement la part des autres inventeurs : il inculpe, entre autres, grossièrement Torricelli d'un plagiat effronté, accusant le géomètre italien d'avoir copié dans les papiers de Galilée les solutions de Roberval et de les avoir ensuite données comme siennes. La droiture bien connue de Torricelli, sa modestie, ses protestations énergiques contre l'injustice de Roberval dans ses lettres au P. Mersenne (3), ne laissent aucun doute sur sa bonne foi, et s'il a été en certains points précédé par le géomètre français, à coup sûr il ne l'a pas copié.

Parmi les personnes nommées dans l'écrit de Pascal, une des plus

(1) Paris, Bibliothèque nationale, Manuscrits. Fonds français, 2812, folio 254.

(2) *Histoire de la roulette, appelée autrement trochoïde ou cycloïde*, t. III, p. 337, des *Œuvres de Pascal* (Éd. Hachette).

(3) Cette correspondance a été publiée en partie par Carlo Dati, et le prince Boncompagni l'a complétée récemment (*Bulletino di Bibliografia*, t. VIII, 1875, p. 353).

maltraitées était le jésuite Lalouère, de Toulouse, honorablement connu par ses ouvrages de mathématiques, et l'un des concurrents pour le prix proposé par Pascal. Ce dernier l'accuse, dans l'*Histoire de la roulette*, d'avoir publié comme étant de lui divers théorèmes sur la surface de la cycloïde, sur le volume engendré par la révolution de la courbe autour de sa base, etc., théorèmes que Pascal attribue à Roberval, comme étant « au moins manifestement renfermés dans ses moyens. » Mais Pascal ne s'en tint pas là. Il imprima, le 25 novembre 1658, un *Récit de l'examen et du jugement des écrits envoyés pour les prix*, où il racontait comment la pièce envoyée le 15 septembre par le P. Lalouère avait dû être écartée du concours, comme renfermant des erreurs évidentes, que son auteur avait d'ailleurs signalées lui-même, mais sans rien fournir d'autre à la place. Enfin, dans une *Suite de l'histoire de la roulette* publiée le 12 décembre de la même année (1), il prend exclusivement à partie le P. Lalouère sans le nommer ; il l'accuse de nouveau d'avoir copié les solutions de Roberval sans le citer, et d'avoir persisté, en présence des avertissements et des réclamations qui lui étaient adressés, à s'attribuer le mérite, sinon de la découverte première, au moins de la méthode par laquelle il y était arrivé et qu'il refusait de faire connaître. Il l'accuse encore de s'être vanté publiquement de posséder les solutions des questions plus difficiles proposées par Pascal, mais d'avoir refusé, soit de faire connaître ces solutions, soit d'indiquer les méthodes qui l'y auraient conduit, soit même de présenter ses découvertes sous une forme énigmatique comme cela se pratiquait alors, afin que l'on pût s'assurer, avant que Pascal lui-même publiât le résultat de ses recherches, que le jésuite y était arrivé de son côté. Refus qui n'avait pour cause, suivant Pascal, que l'impuissance où se trouvait le P. Lalouère de justifier ses assertions, et l'espoir qu'il nourrissait de lire d'abord ce que Pascal aurait publié sur ce sujet, pour se l'approprier immédiatement en disant qu'il l'avait trouvé de son côté.

Telle est la version accréditée par le témoignage de Pascal. On jugera si la lettre suivante, adressée par le P. Lalouère à un de ses frères dans la Compagnie, éclaircit beaucoup la question. Dans tous les cas, elle ne laisse pas de présenter sous un jour singulier la conduite de Pascal vis-à-vis du religieux incriminé, et enfin, la mise au jour d'un fragment inédit du célèbre auteur des *Pensées* nous paraît une raison suffisante de publier cette pièce curieuse.

A Tolose ce 7 juin 1659. Pax XI.

Estant asseuré que la lettre dans laquelle je priois V. R. de nous envoyer par le messager certains livres de Mathématique, n'a point esté arrestée céans, je me suis mis à penser d'où procédoit que V. R., qui est

(1) *Œuvres de Pascal*, Éd. Hachette, t. III, p. 352.

si exacte à faire response sur tout, m'avoit gardé un profond silence là dessus. Il m'est venu en pensée que peut estre V. R. m'ayant demandé l'histoire de la Cycloïde, ou une copie, et ne luy ayant rien respondu ny par effect ny par lettre, elle se réservoit de me faire raison lorsque j'aurois commencé de luy en donner l'exemple. Je ne puis aucunement vous envoyer l'imprimée pour le grand besoing que j'en ay pour me justifier, lorsque l'on m'interroge là dessus. Quand à ce qui est de la coppier entièrement je le feray s'il vous est nécessaire. Mais je crois ne désirez scavoir que ce qui me concerne de ceste histoire. Je n'en ay receu de ces Messieurs que deux pièces, la première qui est en datte du 10 octobre 1658 et a pour titre *Histoire de la Roulette*, appellée autrement la Trochoïde ou la Cycloïde, où l'on rapporte par quels degrez on est arrivé à la cognoissance de la nature de ceste ligne. La seconde dattée du 12 décembre 1658 et a pour titre *Suitte de l'histoire de la Roulette* où l'on voit le procédé d'une personne qui s'estoit voulu attribuer l'invention des problèmes proposés sur ce sujet. Chascune de ces pièces est de 8 pages in-4°. En la première il parle de moy page 5 en ces termes « On a vu aussi la dimension de la roulette et de ses parties, et de leurs » solides à l'entour de la base seulement, du R. P. Lallouère, jésuite de » Toulouse. Comme il l'envoya toute imprimée, j'y fis plus de réflexion ; » et je fus surpris de voir que tous les problèmes qu'il y résout, n'étant » autre chose que les premiers de ceux que M. de Roberval avoit réso- » lus depuis si longtemps, ils les donnoit néanmoins sous son nom, sans » dire un seul mot de l'auteur. Car encore que sa méthode soit différente, » on sait assez combien c'est une chose aisée, non-seulement de déguiser » des propositions déjà trouvées, mais encore de les résoudre d'une » manière nouvelle, par la connoissance qu'on a déjà eue une fois de la » première solution.

» Je priai donc instamment M. de Carcavi, non seulement de faire » avertir le révérend père que tout cela étoit de M. de Roberval, ou au » moins manifestement enfermé dans ses moyens, mais encore de lui » découvrir la voie par laquelle il y est arrivé (car on ne doit pas craindre de s'ouvrir entre les personnes d'honneur). Je lui fis donc mander » que cette voie de la première découverte étoit la quadrature que » l'auteur avoit trouvée depuis longtemps, d'une figure qui se décrit » d'un trait de compas sur la surface d'un cylindre droit, laquelle » surface, étant étendue en plan, forme la moitié d'une ligne, qu'il a » appelée la *compagne de la roulette* dont les ordonnées à l'axe sont » égales aux ordonnées de la roulette, diminuées de celles de la roue. » En quoi je crus faire un plaisir particulier au révérend père, parce » que dans ses lettres que nous avons vu il parle de la quadrature de » cette figure qu'il appelle *cycloï-cylindrique* comme d'une chose très » éloignée de sa connoissance, et qu'il eût fort désiré connoître. M. de

» Carcavi n'ayant pas eu assez de loisir, a fait mander tout cela et fort
» au long, au révérend père, qui a fait réponse. »

Vous avez veu la response que je fus contrainct de faire à ces calomnies sur la fin des *six propositions du mouvement des graves*. Voilà comme il parle de moy en la *Suite de l'histoire* sans toutefois me nommer par mon nom, bien qu'il soit impossible à ceux qui ont quelque cognoissance de ce fait de n'entendre pas qu'il parle de moy : « Il ne satisfit point sur ceste demande » — vous la verrez dans sa lettre bien au long où il me conjure de luy dire mon secret — « mais continua à prier
» qu'on s'asseurast sur sa parolle, qu'il avoit trouvé ce problème par la
» balance d'Archimède. Ce qui ne fit que trop connoître son dessein, et
» on le lui témoigna assez clairement en plusieurs lettres ; mais il y
» demeura si ferme, que, quand il vit l'histoire de la Roulette imprimée,
» sans qu'il y fût en parallèle avec M. de Roberval, il se plaignit hau-
» tement de moi, comme si je lui eusse fait une extrême injustice. »
Vous avez veu la lettre que je luy envoyay et il m'obligerait bien de la donner au jour « que s'il avoit montré qu'il fût en effet arrivé à cette
» connoissance sans secours, je l'aurois (poursuit-il) témoignée avec
» joye : mais que, n'ayant rien fait d'approchant, et n'y ayant personne
» qui ne pût, aussi bien que lui, donner une énonciation déguisée, et
» se vanter de l'avoir trouvée soi-même par la balance d'Archimède,
» j'aurois failli de donner à M. de Roberval un compagnon dans ses
» inventions....

» Voilà quel a été son procédé sur les problèmes de M. de Roberval,
» où j'admirai à quoi cette fantaisie de l'honneur des sciences porte ceux
» qui veulent en avoir, et qui n'ont pas de quoi en acquérir d'eux-mêmes.

» Mais il n'en demeura pas là, et, pendant qu'on l'exhortoit à quitter
» cette entreprise, il s'engagea à une autre, qui fut de se vanter d'avoir
» résolu tous les problèmes que j'avois proposés publiquement : en quoi
» il se trouva dans un étrange embarras, et bien plus grand qu'aupa-
» ravant ; car dans sa première prétention, il avoit en main les énon-
» ciations de M. de Roberval, et pouvoit ainsi en produire de sem-
» blables et véritables, en assurant qu'il y étoit arrivé par des moyens
» qu'il vouloit tenir secrets : au lieu que, dans sa seconde prétention,
» il ne pouvoit au plus avoir que l'énonciation d'un seul cas que j'ai
» communiquée à quelques personnes, et qui n'est peut-être pas venue
» jusques à lui : de sorte qu'étant dans l'impuissance entière de produire
» toutes les énonciations dont il se vantoit, ne pouvant y arriver ni par
» sa propre invention, ni par communication, il se mit dans la nécessité
» de succomber à tous les défis qu'on lui a faits d'en faire paroître
» aucune, et par ce moyen, en état de nous donner tout le divertisse-
» ment qu'on peut tirer de ceux qui s'engagent en de pareilles entre-
» prises, comme cela est arrivé en cette sorte.

» Ce fut dans le mois de septembre qu'il commença à écrire qu'il » avoit résolu tous ces problèmes : on me le fit savoir, et je fus surpris » de sa petite ambition ; car je connoissois sa force et la difficulté de » mes problèmes, et je jugeois assez, par tout ce qu'il avoit produit » jusqu'ici, qu'il n'étoit pas capable d'y arriver (1).....Mais il me sembla » qu'il étoit bon de faire voir ce récit paravance, afin qu'après que » j'aurois donné mes solutions » (Il n'a pas encore donné le calcul des cas proposez ny de quoy y venir (2) comme je fais voir en la 45e et dernière proposition du livre 5e de la Cycloïde adjousté aux quatre précédens où je donne aussy le calcul des cas proposez au commencement d'octobre qu'il n'a pas donné non plus.) « s'il arrivait qu'il fust assez » mal advisé que de les déguiser, tout le monde connut la vérité. » — On verra par mon édition comme il a desguisé les principaux fondements de ceste méthode que j'avois donné au public dès l'an 1650. — « C'est la seule chose que j'ai voulu faire par ce discours et non pas » décrier sa personne; car je voudrois le servir, et je respecte sa qua- » lité de tout mon cœur. Aussi j'ai caché son nom ; mais s'il le découvre » après cela lui-même, pour s'attribuer ces inventions, il ne devra se » prendre qu'à lui de la mauvaise estime qu'il s'attirera. » Ceste suitte est toute contre moy et elle me fist faire la response que je mis sur la fin de mon calcul imprimé sur le commencement de l'année aussytost que les quatre premières pages de sa lettre à Mr de Carcavy nous furent envoyées séparement. J'ay obmis qu'en l'histoire page 4 parlant de Monsieur de Roberval il dit que « ses méthodes sont générales et donnent » avec mesme facilité les touchantes, la dimension des plans et de leurs » parties, leurs centres de gravité et les solides, tant autour de la base » qu'autour de l'axe. Car encore qu'il ne l'ait donné au long que des » roulettes entières, sa méthode s'étend, sans rien y changer et avec » autant de facilité, aux parties, et ce seroit chicaner que de lui en » disputer la première solution. »

Remarquez je vous prie les dernières parolles et conferez le avec celles de sa lettre que je mets en suitte, et vous admirerez la candeur de ceste personne. Coppie de la lettre de Mr Pascal au Père Lalouère qu'il luy ecrivit le 11 septembre 1658, se conjouissant du double calcul du solide sur l'axe que ledict Père luy avoit envoyé : le premier de ces calculs estoit du solide entier, le second du demy solide qui est en haut du cercle générateur. « Mon Révèrend Père, je voudrois que vous vissiez » la joye que vostre dernière lettre m'a donnée où vous distes que vous

(1) Il manque ici un très long passage de Pascal, racontant toutes les négociations au sujet de ce concours.

(2) Pascal affirme le contraire dans une note ajoutée à la « Suite de l'histoire. »

» avez trouvé la dimension des solides sur l'axe tant de la Cycloïde » que de son segment. Je vous supplie de croire qu'il n'y a personne » qui publie plus hautement les mérites des personnes que moy. Mais » il semble à la vérité qu'il y ait sujet de le faire : c'est une chose rare » et surtout en ceux qui font profession de sciences que d'avoir ceste » syncerité là, dont je me vante et que je feray bien paroistre à vostre « subject. Car je vous asseure que j'ay autant de joye de publier que » vous avez résolu un des plus difficiles problèmes de la géometrie que » j'avois du regret en disant que ceux que vous aviez résolus » estoient peu auprès de cela. Il est sans doute, mon père, que c'est » un grand problème et je souhaitterois fort de scavoir par où vous y » estes arrivé. Car enfin M. Roberval qui est asseurément fort habile a » esté six ans à le trouver et vous avez la solution generale dont sa » méthode ne donne qu'un cas, qui est celluy de la Cycloïde entière. »

Après avoir examiné mes calculs des deux cas il m'escrivit du 15 du mesme mois de septembre, me conviant de lui envoyer ma méthode. Mais le R. P. Recteur m'en empescha. Voicy ses parolles. « Mon très révé- » rend Père, je ne puis vous tesmoigner combien nous avons d'impa- » tience de voir le biais par où vous vous estes pris à travers les solides » de la Cycloïde sur l'axe. J'avois tort de craindre qu'il y eust erreur à » vostre calcul. Il n'y en a point je l'ay verifié.... Pour revenir à » vous mon R. Père je ne seray point en repos que vous ne m'ayez » faict la grâce de me mander par où vous estes venu à ces solides » de la Cycloïde. J'en ay une grande curiosité. » Jusques à ce refus j'ay esté quelque chose à leur dire. Du depuis je n'ay esté qu'un petit glorieux, qu'un larronneau des inventions d'aultruy, n'en pouvant pas produire de moy mesme à raison du peu de forces d'esprit. Et M. de Roberval a esté celluy que j'ay buttiné. Voilà, mon R. P. ce que j'ay cru que V. R. désiroit de moy. Je la supplie de mescrire à son tour sur mes demandes et de se souvenir de moy en ses SS. SS. et oraisons comme de celluy qui est

D. V. R. Très humble et très obéissant serviteur,
ANTOINE LALOUÈRE.

Monseigneur l'Archevesque est de retour des bains de Bargnières et il confère les ordres. Le R. P. Adam est encores en ceste ville avec la satisfaction de tous. Il n'y a ici que les Jansénistes dit-on et les partisans qui révocquent en doute la paix (des Pyrénées) entre les deux couronnes. Si vous voiez M. de Hardy je vous prie de lui témoigner mes très humbles respects. J'espère aussi que V. R. saluera de ma part le R. P. Vatier et luy communiquera la présente.

TABLE DES MATIÈRES

DU

CINQUIÈME VOLUME.

LIVRAISON DE JANVIER 1879.

La certitude en géologie, par **M. Ch. de la Vallée Poussin**, professeur à l'Université catholique de Louvain 5

L'homme tertiaire, par **M. l'abbé Hamard**, prêtre de l'Oratoire de Rennes 34

Les naturalistes philosophes. — Herbert Spencer, par **M. A. Proost**, secrétaire de la Société centrale d'agriculture 76

Léon Foucault, sa vie et son oeuvre scientifique, par **M. Ph. Gilbert**, professeur à l'Université catholique de Louvain. . 108

L'art forestier français a l'exposition universelle de 1878, par **M. Ch. de Kirwan** 155

L'aveuglement scientifique. — Sixième article. Les actions vitales, par le **R. P. Carbonnelle**, S. J. 234

Bibliographie. — I. Essai sur l'effet thermique des parois d'une enceinte sur les gaz qu'elle renferme, par M. Aimé Witz. **J. Chautard** 287

II. La spectroscopie, par A. Cazin. **Ph. G.** 292

III. Les montagnes, par Albert Dupaigne. **J. Thirion**, S. J. . 295

Revue des recueils périodiques.

Anthropologie, par **M. A. Arcelin** 309

Géographie, par **L. D.** 319

Physique, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. 329

Hygiène, par le **Dr Dumont** 336

Sciences agricoles, par **M. A. Proost** 341

Géologie, par **A. R.** 347

LIVRAISON D'AVRIL 1879.

Léon XIII et la Société scientifique de Bruxelles, par le **R. P. Carbonnelle**, S. J. 353
L'homme tertiaire, par **M. l'abbé Hamard**, prêtre de l'Oratoire de Rennes 361
Le Darwinisme et l'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux, par **M. l'abbé Lecomte** 395
Le Daltonisme, par **M. le Dr Moeller** 450
Léon Foucault, sa vie et son oeuvre scientifique, par **M. Ph. Gilbert**, professeur à l'Université catholique de Louvain . . 516
La cosmogonie biblique d'après les Pères de l'Église, par **M. l'abbé F. Vigouroux**, prêtre de Saint-Sulpice 564
Bibliographie. — I. La théorie atomique, par M. A. Wurtz, membre de l'Institut. **Dr Rupin** 601
II. Annuaire du Bureau des longitudes pour 1879. **J. d'E.** . . 611
III. Fouilles faites à Carnac, par M. James Miln. **L'abbé Hamard** 620
IV. Les malheurs de la Philosophie, par le P. de Bonniot, S. J. **J. Thirion**, S. J. 630
V. Manuel de chimie opératoire, par Fr. Dewalque. — Tableaux synoptiques pour la recherche des bases et des acides, par le même. **G. Bruylants**. 636
VI. Le Révérend Père Secchi, par l'abbé Moigno. **Ph. G.** . . 637
Revue des recueils périodiques.
Physique, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. 639
Physiologie, par **G. H.** 653
Hygiène, par le **Dr Dumont** 664
Thérapeutique, par le **Dr Mœller** 670
Géographie, par **L. D.**. 677
Sciences agricoles, par **M. R. de Lufay** 685
Mélanges.
Fragments inédits de Pascal 693

REVUE

DES

UESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

Tome V

TROISIÈME ANNÉE. — PREMIÈRE LIVRAISON.

JANVIER 1879

BRUXELLES
VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1879

LIVRAISON DE JANVIER 1879.

—

I. — LA CERTITUDE EN GÉOLOGIE, par **M. Ch. de la Vallée Poussin,** professeur à l'Université catholique de Louvain.

II. — L'HOMME TERTIAIRE, par **M. l'abbé Hamard,** prêtre de l'Oratoire de Rennes.

III. — LES NATURALISTES PHILOSOPHES. — TROISIÈME ARTICLE. HERBERT SPENCER, par **M. A. Proost,** Secrétaire de la Société centrale d'Agriculture.

V. — LÉON FOUCAULT, SA VIE ET SON ŒUVRE SCIENTIFIQUE, par **M. Ph. Gilbert,** professeur à l'Université catholique de Louvain.

V. — L'ART FORESTIER FRANÇAIS A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878, par **M. Ch. de Kirwan.**

VI. — L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE. — SIXIÈME ARTICLE. LES ACTIONS VITALES, par le **R. P. Carbonnelle,** S. J.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Essai sur l'effet thermique des parois d'une enceinte sur les gaz qu'elle renferme, par M. Aimé Witz. **J. Chautard.** — II. La Spectroscopie, par A. Cazin. **Ph. G.** — III. Les Montagnes, par Albert Dupaigne, **J. Thirion,** S. J.

VIII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. Anthropologie, par **M. A. Arcelin.** — Géographie, par **L. D.** — Physique, par le **R. P. Van Tricht,** S. J. — Hygiène, par le **Dr Dumont.** — Sciences agricoles, par **M. A. Proost.** — Géologie, par **A. R.**

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

PREMIÈRE ANNÉE, 1875-1876 — DEUXIÈME ANNÉE, 1876-1877.

Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société Scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

Deux fascicules de la troisième année ont été distribués. Le reste sera publié après la session de Pâques 1879, qui termine cette troisième année.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques*, paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877 et 1878.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 29, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

REVUE

DES

UESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

TROISIÈME ANNÉE. — DEUXIÈME LIVRAISON.

AVRIL 1879

BRUXELLES
VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1879

LIVRAISON D'AVRIL 1879.

I. — LÉON XIII ET LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, par le **R. P. Carbonnelle,** S. J.

II. — L'HOMME TERTIAIRE, par **M. l'abbé Hamard,** prêtre de l'Oratoire de Rennes.

III. — LE DARWINISME ET L'EXPRESSION DES ÉMOTIONS CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANIMAUX, par **M. l'abbé Lecomte**.

IV. — LE DALTONISME, par **M. le Dr Moeller.**

V. — LÉON FOUCAULT, SA VIE ET SON ŒUVRE SCIENTIFIQUE, par **M. Ph. Gilbert,** professeur à l'Université catholique de Louvain.

VI. — LA COSMOGONIE BIBLIQUE D'APRÈS LES PÈRES DE L'ÉGLISE, par **M. l'abbé F. Vigouroux,** prêtre de Saint Sulpice.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. La théorie atomique, par M. A. Wurtz, membre de l'Institut. **Dr Rupin.** — II. Annuaire du Bureau des longitudes pour 1879. **J. d'E.** — III. Fouilles faites à Carnac, par M. James Miln. **L'abbé Hamard.** — IV. Les malheurs de la Philosophie, par le P. de Bonniot, S. J. **J. Thirion,** S. J. — V. Manuel de chimie opératoire, par Fr. Dewalque. — Tableaux synoptiques pour la recherche des bases et des acides, par le même. **G. Bruylants.** — VI. Le Révérend Père Secchi, par l'abbé Moigno. **Ph. G.**

VIII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. Physique, par le **R. P. Van Tricht,** S. J. — Physiologie, par **G. H.** — Hygiène, par le **Dr Dumont.** — Thérapeutique, par le **Dr Mœller.** — Géographie, par **L. D.** — Sciences Agricoles, par **R. de Lufay.**

IX. — MÉLANGES. — Fragments inédits de Pascal.

AVIS IMPORTANT.

Les abonnés étrangers à la Belgique qui n'ont pas encore payé leur abonnement pour 1879, sont priés d'envoyer un mandat-poste au Secrétaire de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

A ceux qui témoigneraient par leur silence qu'ils préfèrent un autre mode de recouvrement, nous ferons présenter une quittance augmentée de 2 francs pour frais de banque.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

PREMIÈRE ANNÉE, 1875-1876 — DEUXIÈME ANNÉE, 1876-1877.

Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au
rétariat de la Société Scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.
Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé
r cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer
prix de 15 francs.
Deux fascicules de la troisième année ont été distribués. Le reste sera
blié après la session de Pâques 1879, qui termine cette troisième année.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877 et 1878.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 29, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

AMNH LIBRARY
100226205